

MARCO STEPHAN SANTOS BRANQUINHO

ARQUITETURA SUSTENTÁVEL EM CLIMAS TROPICAIS

ESCOLA DE ENSINO BÁSICO PARA LUANDA

Orientador: Professor Doutor António Santa Rita

Co-Orientador: Professor Doutor Pedro Carlos Bobone Ressano Garcia

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias de Informação

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Lisboa

2017

MARCO STEPHAN SANTOS BRANQUINHO

ARQUITETURA SUSTENTÁVEL EM CLIMAS TROPICAIS

ESCOLA DE ENSINO BÁSICO PARA LUANDA

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias no dia 1 de Fevereiro de 2017, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação nº 116/2017, de Abril, com a seguinte composição:

Presidente: Prof.^a Doutora Filipa Alexandra Gomes da Silva Oliveira Antunes

Arguente: Prof. Doutor Hugo P. H. da Nazareth Fernandes de Cerqueira

Orientador: Prof. Doutor António José M. Vieira de Santa-Rita

Vogal: Prof.^a Doutora Margarida H. De La Féria Valla

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias de Informação

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Lisboa

2017

Agradecimentos

Como cristão, expresso primeiramente a minha gratidão à Deus, por ter me dado força e tornado possível a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor António Santa Rita, pela disponibilidade em orientar esta dissertação, pela paciência, pelo incentivo e pela total colaboração em solucionar as dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo do desenvolvimento do mesmo.

Ao Professor Doutor Pedro Ressano Garcia, que apesar das suas muitas tarefas e compromissos ter aceite e se mostrar disponível para ser o coorientador desta dissertação e pelos vastos e valiosos conhecimentos que transmitiu.

Ao INAGBE por ter disponibilizado a bolsa de estudo e pelo apoio demonstrado ao longo do curso.

À minha irmã, pelo companheirismo e por me motivar sempre que precisei ao longo da minha formação.

Aos meus amigos que a faculdade meu deu, pelo companheirismo e por tornarem a experiência ao longo do curso mais prazerosa mesmo nos momentos mais difíceis, em especial ao Arlindo Carlos, ao Ivanildo dos Santos, ao Sidney Antunes, ao Helder Amaral e ao Airton Lopes.

À minha namorada, pelo amor, carinho, companheirismo, apoio moral e compreensão nos momentos mais difíceis e exigentes do trabalho.

Por último, aos meus pais, à quem dedico este trabalho, pela educação transmitida, pelos esforços incondicionais para que nunca me faltasse nada mesmo estando longe, pela força e motivação que me deram para ultrapassar as dificuldades que fui encontrando, pela amizade, pelo carinho e compreensão.

À todos os meus sinceros agradecimentos.

Resumo

As questões relacionadas com a preservação do ambiente estão cada vez mais presentes e no ramo da arquitetura e construção civil não é diferente, visto que são um dos principais responsáveis pelos impactos negativos no ambiente. O presente trabalho apresenta um estudo sobre a sustentabilidade na arquitetura em regiões com climas tropicais, tendo como caso de estudo a cidade de Luanda.

Para suprir os objetivos realiza-se primeiramente uma contextualização do tema procurando perceber os princípios e o conceito da sustentabilidade na arquitetura, servindo como premissa para se perceber a abordagem feita à arquitetura tropical. Posteriormente são demonstradas as estratégias de projeto para se obter um edifício sustentável bem como as suas condicionantes, desde a sua conceção à escolha dos materiais construtivos.

De modo a obter-se uma compreensão prática dos assuntos abordados, é feita uma análise à sustentabilidade da arquitetura em Angola e por fim é desenvolvido um projeto arquitetónico para uma escola de ensino básico para Luanda que reúne as estratégias referidas e que foram o resultado também da análise de casos de estudo comparativos.

Palavras-chave: Arquitetura sustentável, Clima Tropical, Arquitetura Vernácula.

Abstract

The issues related to environmental preservation are increasingly present and in the field of architecture and civil construction is not different, since they are one of the main responsible for the negative impacts on the environment. The present work presents a study about the sustainability in architecture in regions with tropical climates, taking as a case study the city of Luanda.

In order to meet the objectives, a contextualization of the theme is carried out in order to understand the principles and the concept of sustainability in architecture, serving as a premise to understand the approach to tropical architecture. Subsequently, the design strategies are demonstrated to obtain a sustainable building as well as its conditioning, from its design to the choice of building materials.

In order to obtain a practical understanding of the subjects covered, an analysis is made of the sustainability of the architecture in Angola and finally an architectural project of a basic education school for Luanda is developed that brings together the mentioned strategies and that were the result also of analysis of comparative case.

Keywords: Sustainable Architecture, Tropical Climate, Vernacular Architecture.

Índice

Agradecimentos.....	3
Resumo	4
Abstract	5
Introdução.....	11
Razão da escolha	11
Estado da arte	12
Casos de Estudo	12
Objetivos.....	13
Metodologia	13
Resumo dos capítulos	14
1-Arquitetura sustentável e tropical.....	15
1.1-Origem e conceito da arquitetura sustentável	15
1.2- Princípios da arquitetura sustentável.....	17
1.3- Origem e conceito da arquitetura tropical	18
2- Estratégias de projeto sustentável em clima tropical.....	21
2.1- Clima tropical Angola	21
2.2- Parâmetros do conforto ambiental.....	22
2.3- Localização, forma e orientação.....	24
2.4- Sombreamento.....	27
2.5- Revestimento reflexivo da envolvente	29
2.6- Isolamento	30
2.7- Áreas de envidraçado e tipos de vidro	31
2.8- Ventilação Natural.....	32
2.9- Inércia Térmica	34
2.10- Escolha das matérias de construção concreto ecológico.....	35
2.10.1- Terra como material de construção.....	37
3- Arquitetura em Angola (análise a sustentabilidade das edificações)	40
3.1- Arquitetura do período colonial.....	40

3.2- Arquitetura do período Pós-independência (Atualidade)	43
3.3- O ensino e as instituições escolares em Luanda Angola	47
4- Casos de Estudo	53
4.1- Escola Portuguesa de Benguela (cinco Áfricas, cinco escolas)	53
4.2- Escola Secundária em Gando	56
5- Proposta: Escola de ensino básico (Urbanização Jericó)	59
5.1- Urbanização Jericó	59
5.2- Projeto	63
5.2.1- Programa	63
5.2.2- Implantação	65
5.2.3- Plantas	70
5.2.4- Tipo de construção e análise	75
5.2.5- Tipo de acabamentos e análise	76
5.2.6- Ventilação	83
5.2.7- Captação e Reaproveitamento de água	84
5.2.8- Energia	85
Conclusão	86
Bibliografia	88
Anexos	91

Índice de Figuras

Fig. 1- Conceção sustentável e prevenção da poluição.....	17
Fig. 2- Universidade de Ibadan.....	19
Fig. 3- Mapa de Angola Distribuição das temperaturas.....	21
Fig. 4- Variação da Temperatura de conforto para humidade relativa de 60%, e sem movimento de ar, consoante a atividade e a roupa.....	23
Fig. 5- Variação da Temperatura de conforto para humidade relativa de 60%, com movimento do ar, consoante a atividade e roupa.....	23
Fig. 6- Este esquema mostra a localização de um aglomerado em relação ao sol numa encosta, em que o caso da direita é o melhor exemplo por beneficiar da sombra proporcionada pela encosta.....	25
Fig. 7- Localização indicada do edificado em relação aos ventos.....	25
Fig. 8- Definição em planta de áreas passivas (cor clara) e não passivas (cores escuras) de um edifício.....	26
Fig. 9- Orientação solar adequada para Luanda.....	26
Fig. 10- Sistema de grelhas em edifício em Luanda.....	27
Fig. 11- Exemplo dos variados tipos de dispositivos fixos.....	27
Fig. 12- Sombreamento com vegetação.....	28
Fig. 13- Impacto das radiações solares e ventilação em edifício com varanda e árvore a frente.....	28
Fig. 14- Influência dos pátios internos na ventilação e sombreamento de edifícios.....	28
Fig. 15- Ilustração do comportamento de uma cobertura de cor clara, relação a uma de cor escura.....	29
Fig. 16- Exemplo de aplicação de barreira radiante num telhado.....	30
Fig. 17- Cobertura com Colmo.....	30
Fig. 18- Tipos de ventilação cruzada.....	32
Fig. 19- Ventilação por efeito chaminé por introdução de átrios.....	33
Fig. 20- Ventilação por efeito chaminé, por chaminés solares.....	33
Fig. 21- Construção em Taipa.....	37
Fig. 22- Blocos de adobe.....	37
Fig. 23- Ministério das obras Públicas, Luanda.....	42
Fig. 24- Mercado do Kinaxixi.....	42
Fig. 25- Exemplo de Construções tradicionais, Porto Amboim. Fotografia de António Rodrigues.....	43
Fig. 26- Exemplo das primeiras residências feitas pelos portugueses em Angola.....	43
Fig. 27- Ministério das Finanças, Luanda.....	44
Fig. 28- Hotel Presidente antes da reabilitação.....	44
Fig. 29- Hotel Presidente depois da reabilitação.....	44
Fig. 30- Exemplo de habitação isolada C.Kilamba, Luanda.....	45
Fig. 31- Exemplo de blocos habitacionais, C.Kilamba, Luanda.....	45
Fig. 32- Exemplo de construções não consolidadas em espaço urbano, Luanda.....	45
Fig. 33- Exemplo de construções tradicionais.....	46
Fig. 34- Exemplo de construções que seguem princípios tradicionais.....	46
Fig. 35- Edificações na Marginal de Luanda.....	47
Fig. 36- Escola Mutu Ya Kevela.....	48
Fig. 37- Estudo dos vãos da Escola Mutu Ya Kevela.....	48

Fig. 38- Escola Comercial e Industrial de Luanda	49
Fig. 39- Uma das Salas da Escola Comercial e Industrial de Luanda	49
Fig. 40- Implantação da Escola Ngola Kiluanje	50
Fig. 41- Escola Ngola Kiluanje	50
Fig. 42- Colégio Colina do Sol. Fotografia do Autor	51
Fig. 43- Escola pública na Centralidade do Kilamba	51
Fig. 44- Colégio em zona urbana de construções não consolidadas.....	51
Fig. 45- Colégio Angolano do Talatona.....	51
Fig. 46- Escola pública no Sambizanga	51
Fig. 47- Condomínio Salinas Village, localização da escola.....	53
Fig. 48- Representação da direção dos ventos dominantes.....	54
Fig. 49- Diagrama com distribuição do programa.....	54
Fig. 50- Representação da direção dos ventos dominantes.....	54
Fig. 51- Fotografia da maquete, Fachada em L que contorna pátio de acesso	55
Fig. 52- Fotografia da maquete, pátio de recreio.....	55
Fig. 53- Modelo tridimensional, distribuição do programa	56
Fig. 54- Pátio central.....	56
Fig. 55- Pátio central /edifício da livraria	56
Fig. 56- Fotografias da escola em construção	57
Fig. 57- Corte diagramático com sistema de ventilação	58
Fig. 58- Localização da província de Luanda.....	59
Fig. 59- Localização Urbanização Jericó.....	59
Fig. 60- Diagrama explicativo do processo de distribuição do programa.....	65
Fig. 61- Perspectiva geral do projeto	65
Fig. 62- Distribuição geral do programa	66
Fig. 63- Variação das Sombras.....	67
Fig. 64- Circulação.....	67
Fig. 65- Direção dos ventos dominantes	67
Fig. 66- Fluxo rodoviário	68
Fig. 67- Público ao privado	68
Fig. 68- Zonas de Permanência.....	68
Fig. 69- Bloco de BTC.....	75
Fig. 70- Exemplos de Samakaka	76
Fig. 71- Blocos decorativos usados	77
Fig. 72- Pátio comum e campo multidesportivo.....	77
Fig. 73- Entrada principal da Escola	77
Fig. 74- Bloco Central	78
Fig. 75- Área de recreio 2ºe3º ciclos	78
Fig. 76- Bloco Central	79
Fig. 77- Bloco Centra- Atrium.....	79
Fig. 78 - Pátio comum.....	79
Fig. 79- Sala de aula 3ºciclo	80
Fig. 80- Sistema de ventilação do edifício.....	83
Fig. 81- Diagrama do sistema de captação e aproveitamento de água.....	84
Fig. 82- Representação da localização das cisternas das águas reaproveitadas e respetivos filtros.....	84
Fig. 83- Elementos necessários para funcionamento de um painel fotovoltaico.....	85

Índice de Gráficos

Gráfico 1- Diagrama psicométrico para Luanda	23
Gráfico 2- Carbono incorporado em materiais para alvenaria	38
Gráfico 3- Temperaturas registadas de 6-11 de Agosto de 2004 nos três elementos comparativos	39
Gráfico 4- Humidades registadas de 6-11 de Agosto de 2004 nos três elementos comparativos.	39

Índice de Tabelas

Tabela 1- Consumo de energia para a produção de materiais de construção	38
Tabela 2- Programa da Escola e respetivas especificações	64

Introdução

Razão da escolha

A escolha do tema partiu de um interesse pelas questões de preservação do meio ambiente que, com o passar dos anos, tem ganho cada vez mais espaço em vários domínios e na arquitetura não é diferente. Após fazer uma análise superficial à cidade de Luanda pude perceber que com a independência, houve uma mudança de paradigma entre as edificações modernas do período colonial e as edificações contemporâneas do período pós-guerra civil, em que no primeiro caso havia uma maior preocupação em projetar para o clima em relação às edificações mais recentes e que na maioria dos casos pouco ou nada se preocupam com as questões ambientais.

Num momento em que o país atravessa um período de crise económica no ramo da construção civil, a procura de soluções de baixo custo será cada vez maior. E estas soluções passam, nomeadamente, pela procura de materiais de construção locais, de fabrico e execução sem envolver muitos custos, e técnicas de projeto e construção que utilizem o mínimo possível de recursos energéticos. Este fator tornou-se um grande motivador para fazer este trabalho, pois a principal razão que me leva a abordar este tema é estabelecer aqui soluções que ajudem a fazer arquitetura contando com essas condicionantes atuais.

Por fim, e não menos importante, o fascínio pela materialidade das construções tradicionais angolanas que variam muito consoante as regiões, pelo simples facto de serem uma demonstração da adaptação da arquitetura ao local, dando assim uma identidade a cada localidade.

Estado da arte

A sustentabilidade na arquitetura já possui estudos muito bem aprofundados e atualizados nos variados contextos, desde obras literárias aos projetos de arquitetura já executados. No contexto da arquitetura praticada em climas tropicais, desde a ocupação dos territórios tropicais pelos europeus, que se tentam fazer estudos da adaptação das edificações ao clima tropical, o que resultou no surgimento de várias obras. Atualmente existem já elaborados alguns manuais de boas práticas que tiveram muita influência neste trabalho. Destes manuais podemos destacar a obra de Guedes 'Arquitetura sustentável em Angola' e algumas obras brasileiras, pois têm o clima e as condicionantes muito parecidas aos de Angola, em que podemos destacar a de Óscar Corbellas e Simos Yannas, 'Em busca de uma arquitetura sustentável'.

No que toca a projetos de arquitetura, embora ainda não exista uma aposta muito grande na sustentabilidade num contexto internacional, há arquitetos que já começaram a fazer fortes investimentos em tecnologias e estratégias de projeto para garantir uma boa eficiência energética nos seus edifícios. Em climas tropicais, quanto às estratégias, podemos vê-las bem estabelecidas na arquitetura moderna e atualmente, um dos arquitetos que mais se destaca no continente africano é Francis Kéré pelas suas obras feitas em Burkina Faso, tanto em estratégias como em tecnologias.

Casos de Estudo

Para a elaboração do projeto desenvolvido neste trabalho, foi bastante importante analisar vários exemplos de projetos em contextos semelhantes ao território de estudo. Tratando-se de clima tropical, as duas obras aqui escolhidas para uma análise profunda no que toca às técnicas e estratégias de projeto usadas, foram a Escola Portuguesa de Benguela do arquiteto Jorge Figueira e a Escola Secundária de Gando de Francis Kéré. No entanto, serviram de grande inspiração também as obras de arquitetura moderna realizadas em Angola a partir dos anos 50 e a arquitetura feita no Brasil.

Objetivos

Os objetivos que pretendemos alcançar, querem conseguir obter uma solução de arquitetura contemporânea utilizando materiais e técnicas tradicionais, sustentáveis, mesmo em edifícios de alguma envergadura, demonstrando ainda as consequências vantajosas quanto à poupança de recursos, custos de construção e custos de conservação.

Pretende-se ainda conseguir demonstrar o possível grau de conforto dentro deste tipo de construção, procedendo-se ao uso de artifícios e estratégias, tanto na construção como no aproveitamento de recursos naturais quanto ao fornecimento e reaproveitamento de água como de outras formas possíveis de energia.

A proposta apresenta-se baseada num projeto de uma escola de ensino básico, que se sustenta na pesquisa feita, respeitando-se ainda os princípios em que se baseia a arquitetura tropical.

Metodologia

De acordo com os objetivos propostos, desenvolveu-se uma metodologia para dar resposta às questões apresentadas. Realizou-se uma pesquisa e análise de documentos gráficos e escritos sobre o tema em causa (ex. livros, teses, artigos, publicações em websites e outros). A investigação, consequente análise e edição da informação selecionada permite contextualizar o tema e estabelecer uma base teórica de grande importância para a realização do projeto apresentado no final do trabalho. O corpo teórico que sustenta a proposta utiliza duas vertentes: casos de estudo comparativos e recolha de entrevistas realizadas no âmbito deste trabalho a alguns arquitetos que trabalham em Angola e com conhecimentos sobre o tema, que serviram de apoio para uma melhor compreensão do território.

Resumo dos capítulos

Consoante os objetivos estabelecidos, decidiu-se organizar a dissertação em seis capítulos, em que o primeiro começa por abordar como surgiu o conceito da sustentabilidade na arquitetura, bem como os seus princípios. Faz-se também uma abordagem à origem e ao conceito da arquitetura tropical primeiramente num contexto internacional e de seguida em Angola.

No terceiro capítulo fez-se uma análise da arquitetura praticada em Angola e suas tendências desde o período colonial até a atualidade no que toca a sustentabilidade. Neste capítulo descrevem-se as principais influências em alguns arquitetos e são destacadas algumas obras na qual se fez uma análise da sustentabilidade no que toca às estratégias e à construção, em que primeiramente foi feita de uma forma geral e por fim mais focada sobre as instituições escolares.

No quarto capítulo são apresentadas as estratégias para se obter um projeto de arquitetura que segue os princípios da sustentabilidade em climas tropicais. No entanto, fez-se primeiramente uma descrição do clima onde estamos inseridos e os parâmetros que definem o conforto térmico.

No quinto capítulo fez-se a análise dos casos de estudo que serviram de apoio para a conceção do projeto desenvolvido na presente dissertação que são, a Escola portuguesa de Benguela do arquiteto Jorge Figueira e a Escola secundária em Gando do arquiteto Francis Kéré.

No último capítulo é apresentado o desenvolvimento da proposta da Escola de Ensino Básico, começando-se por fazer um enquadramento e análise da urbanização onde se insere o projeto, Urbanização Jericó, e posteriormente a explicação e justificação do programa e estratégias de projeto e construção propostas.

Por fim são reunidas as conclusões do trabalho desenvolvido e algumas perspetivas de trabalhos futuros.

1-Arquitetura sustentável e tropical

1.1-Origem e conceito da arquitetura sustentável

As consequências causadas pela revolução industrial nas cidades viram emergir uma série de movimentos e ideias relacionadas com as preocupações com o meio ambiente. Podemos destacar no fim do século XIX, os escritos de Ruskin e os movimentos Arts & Crafts e Beautiful City, que tentaram responder as problemáticas vividas na cidade industrial propondo uma arquitetura e construção menos dependentes da produção industrial e mais ligada ao artesanato (Moughtin, 2005).

Ao longo do século XX com a afirmação do movimento moderno as preocupações com os impactes ambientais foram crescendo gradualmente com o perceber da escassez dos recursos após se notarem os resultados do aquecimento global. Em consequência desses fatores foram surgindo várias publicações que propõem uma arquitetura e construção pensada com a natureza e na economia de recursos.

Das variadas publicações, para Cliff Moughtin a que é considerada como a primeira do movimento ambiental moderno é o *Silent Spring* nos Estados Unidos em 1962 de Rachel Carson, que apontou as consequências ambientais causadas pelo uso de pesticidas. Alguns anos depois o escocês Ian McHarg, publicou o *Design with Nature* (1969) nos Estados Unidos, que fez de McHarg um dos fundadores do conceito 'desenvolvimento sustentável', e consistia numa tese ecológica que abrangia as disciplinas como arquitetura, planeamento e paisagismo, onde argumentou que a natureza e os processos naturais são fatores a ter-se em conta no planeamento do desenvolvimento humano. (Moughtin, 2005)

Em 1974 é lançada por Schumacher, *Small is Beautifull*, que para Cliff Moughtin marca outro passo importante na análise das causas dos problemas ambientais e desenvolvimento sustentável, apontando como a principal causa, a noção de que o nosso planeta é finito e que nos permite continuar a produzir e consumir a taxas crescentes. Schumacher alerta ainda que o planeta, o nosso stock de capital, está a ser ameaçado pelo excesso de produção, que por sua vez está a fazer com que a humanidade esteja a consumir o seu capital a uma velocidade alarmante, pondo em perigo os limites de tolerância da natureza, e consequentemente pondo em risco os sistemas de suporte que alimentam a espécie humana (Moughtin, et al., 2005, p. 3).

A partir dos anos 80 questões relacionadas com as preocupações ambientais ganham força com a uma sequência de acidentes industriais como o desastre de gás do Bophal (1984), o desastre nuclear de Chernobyl e o derrame de Oleo do Exxon Valdez (1989), que fez com que em 1987 as Nações Unidas estabelecessem a Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento (WCED), que se tornou conhecido como comissão de Brundtland. O relatório da comissão introduziu o termo 'sustentabilidade' no discurso ambiental, transformando assim o discurso da arquitetura estabelecendo a *Green Architecture* (arquitetura verde). (Baweja, 2008, p. 4)

O relatório de Brundtland foi muito marcante na história das causas ambientais, definindo o conceito de desenvolvimento sustentável como “modo de desenvolvimento que assegura que as necessidades do presente sejam supridas sem comprometer as necessidades do futuro “. Propunha também uma mudança total do paradigma social apontando que o consumo excessivo de recursos naturais pelos ricos e a existência de pobreza extrema como integrante dos problemas ambientais, ou seja, para haver um desenvolvimento sustentável é essencial uma equidade social, e consequentemente isso requer uma distribuição equitativa dos recursos no tempo para as futuras gerações, bem como através do espaço sincronicamente, desta forma colmatando a lacuna entre os ricos e as nações pobres. (Baweja, 2008)

Após o Relatório de Brundtland, a formação da Agenda 21 em 1992 na Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro, foi outro passo significativo rumo à arquitetura e desenvolvimento sustentável, com a temática 'Ambiente e Desenvolvimento'. Consistia num modelo prescritivo que continha as orientações específicas para uma arquitetura sustentável. Os pontos chave considerados pela Agenda 21 para a indústria da construção sustentável são o uso de material e tecnologias locais, tecnologia de trabalho intensivo, design com eficiência energética, reciclagem de materiais, prevenção de resíduos, desenvolvimento de conhecimento sobre o impacte ambiental dos edifícios, ajuda na autoconstrução de casas para os pobres. (Baweja, 2008).

Buscando uma definição para a arquitetura sustentável, segundo Óscar Corbella e Simos Yannas é :

“a continuidade mais natural da Bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior. É a arquitetura que quer criar prédios objetivando o aumento de qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrado com as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para legar um mundo menos poluído para as futuras gerações”. (Corbella & Yannas, 2003, p. 19).

Sendo uma continuidade da Arquitetura Bioclimática há uma necessidade de se perceber o seu conceito, que na mesma obra Corbella Yannas o definindo como “a arquitetura preocupada com a integração do edifício com o clima local, visando à habitação centrada sobre o conforto ambiental do ser humano e sua repercussão no planeta”. (Corbella & Yannas, 2003, p. 19)

1.2- Princípios da arquitetura sustentável

Este capítulo é baseado no trabalho desenvolvido por Jong-Jin Kim na Universidade de Michigan em 1998, na qual estabelece um quadro (fig.1) com uma ordem de três parâmetros a seguir para um design sustentável, nomeadamente, princípios, estratégias e métodos. No que toca aos princípios que é o que nos interessa abordar aqui, são estabelecidos como tal: economia de recursos que consiste na redução, reutilização e a reciclagem de recursos naturais utilizados no edifício, o design do ciclo de vida, fornece uma metodologia de análise dos processos de construção e do seu impacto no ambiente, e o design humano, que correspondente a interação entre os humanos e mundo natural. (Gourgel, 2012)

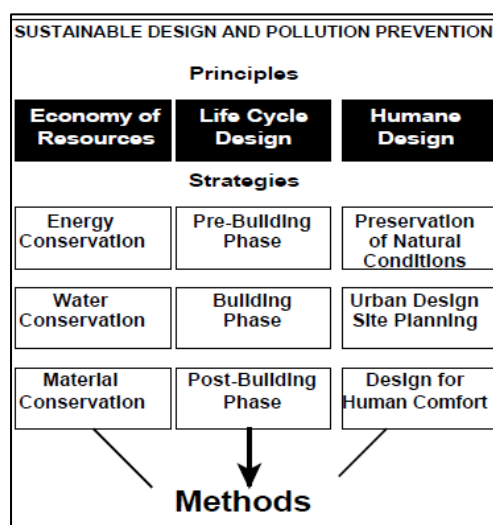


Fig. 1- Conceção sustentável e prevenção da poluição. (Kim, 1998, p. 8)

Cada um destes princípios incorpora um conjunto único de estratégias. Estudar essas estratégias leva o arquiteto a uma melhor compreensão da interação da arquitetura com o meio ambiente. Isto permite-lhes posteriormente desagregar e analisar os métodos específicos de arquitetura que podem aplicar-se para reduzir o impacto ambiental dos edifícios que projetam. Tais estratégias devem pensar também no conforto ambiental que proporcionam aos seus utentes para evitar ao máximo o uso de energia, aumentando o impacto ambiental. (Kim, 1998)

Um bom projeto de Arquitetura Sustentável deve ter em conta tudo o que acontece no meio ambiente externo. O clima, as radiações solares, o enquadramento perspético (vista) e os ruídos, são os fatores externos que têm uma influência direta sobre o edifício, sendo que as decisões adotadas para resolver cada caso devem ser integradas, a fim de proporcionar um

bom nível de conforto ambiental. As estratégias utilizadas variam consoante o clima, e o estudo destas quando se trata de regiões em que o clima é tropical, deu origem ao conceito conhecido como Arquitetura Tropical, em que de uma forma geral são muito particulares e a nível térmico consistem em baixar as temperaturas internas em contraste com as temperaturas altas no exterior. As estratégias aqui citadas são estudadas mais a frente. (Corbella & Yannas, 2003)

A arquitetura sustentável deve ainda estar preparada para um conforto térmico interior, prover a conservação e durabilidade tão longa quanto possível e evitar emissões de gases para a atmosfera, para o solo e águas freáticas ou correntes de água.

1.3- Origem e conceito da arquitetura tropical

A arquitetura tropical é considerada como sendo a arquitetura adaptada a climas tropicais. Essa arquitetura é geralmente associada ao elo que existiu entre o planeamento colonial e a arquitetura moderna, ou seja, a adaptação da arquitetura europeia às suas colónias. A arquitetura praticada em regiões norte americanas do mesmo clima também foi determinante na criação do conceito em causa.

Num contexto internacional, na fase em que as preocupações ambientais estavam a aumentar no século XX e se definiram os conceitos como 'Green Architecture' em que se propunham edifícios de design adaptados ao clima, nos países de clima tropical esse processo deu origem a algumas publicações focadas nas particularidades desse tipo de clima. (Baweja, 2008)

No entanto, desde o fim do séc. XIX até aos anos quarenta a arquitetura e urbanismo praticado nos trópicos focava-se mais nas questões de higiene enquanto disciplina e ação conduzida por médicos, engenheiros sanitários e investigadores científicos. Essa arquitetura tinha como principal objetivo proteger os colonizadores europeus das agressões (doenças) do clima tropical. Após a Segunda Guerra Mundial o paradigma da arquitetura nos trópicos mudou deixando de focar-se na proteção contra as agressões do clima, passando a valorizar-se o conforto urbano e o bem-estar, projetando de modo a atenuar a inclemência do clima tropical, a aproveitar os recursos e a potenciar a eficácia energética. (Baweja, 2008)

Segundo Ana Tostões, Maxwell Fry and Jane Drew no Reino Unido, vão ter um papel determinante no desenvolvimento da arquitetura tropical com as publicações *Tropical Architecture in Humids Zones* (1956) e *Tropical Architecture in Dry and Humid Zones* (1964). O casal teve



Fig. 2- Universidade de Ibadan. (RIBA, s.d.)

um papel determinante no desenvolvimento urbano e arquitetónico na Nigéria durante a II Guerra assumindo o cargo de conselheiros do desenvolvimento territorial no quadro do gabinete colonial inglês. Dentro dos conceitos do movimento moderno introduziram aos CIAM (Congresso internacional da arquitetura moderna) o que era a arquitetura tropical com obras como a Universidade de Ibadan (1949-1960) e o St. Francis College (1950) e influenciaram de forma direta a arquitetura praticada pelos europeus nas suas colónias (Tostões, 2013).

Nos anos cinquenta o casal trabalhou com Le Corbusier e Pierre Jeanneret no Punjab, na construção do Chandigarh. As suas publicações vão ter um papel determinante na arquitetura tropical, pelo facto da sua proposta assentar numa abordagem eficiente, técnica e sistemática que articula as ferramentas de projeto com as exigências sanitárias. Uma das suas grandes contribuições foi a criação do curso de Arquitetura tropical da *Architectural Association* com Otto Koenigsberg em 1955 que compreendia estudos sobre climatologia, materiais de construção, projeto climaticamente responsável, sanidade e higiene (Tostões, 2013).

Otto Koenisberg formado sobre os princípios da arquitetura moderna, também foi um dos pioneiros nesse processo, após ter trabalhado na Índia como arquiteto-chefe do Estado de Mysore e mais tarde Diretor da Habitação do Ministério da Saúde, foi obrigado também a adaptar a sua arquitetura ao clima, publicando assim em 1974 o seu tratado intitulado *Manual of Tropical Housing and Building*. Atualmente Vandana Baweja tem dado continuidade aos estudos de Koenisberg, em que estabelece uma continuidade entre a arquitetura tropical e a ecologia (Tostões, 2013).

Os gêmeos húngaros Victor e Aladar Olgyay com o seu livro *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism* usando como caso de estudo as cidades norte americanas, produziram um importante manual de conhecimentos para uma arquitetura concebida com consciência ambiental com um conjunto de tecnologias passivas de controlo climático nas variadas condicionantes do clima tropical (Tostões, 2013).

No caso de Angola, os portugueses também seguiram as fases da arquitetura tropical, e com a afirmação do Estado Novo, houve um grande investimento a nível arquitetónico e urbanístico nas colónias, o que por sua vez obrigou os arquitetos portugueses a adaptarem a sua arquitetura às condicionantes do clima tropical. Este fator levou-os a analisar o que já era feito noutras paragens como a América Latina e até mesmo nas colónias britânicas, o que faz com que as publicações acima citadas também tenham direta ou indiretamente influenciado a arquitetura feita em Angola, à custa de intercâmbios artísticos e de mão de obra.

pela denominada ‘Corrente fria de Benguela’ caracterizada por ser uma corrente marítima austral que passa ao longo da costa. (Gourgel, 2012).

Focamos a seguir alguns conceitos que devem ser utilizados na arquitetura considerada tropical.

2.2- Parâmetros do conforto ambiental

Uma pessoa está confortável num ambiente físico quando se sente em neutralidade com ele, ou seja, pode observá-lo e senti-lo sem preocupação nem incómodo. No entanto, o conforto em determinado espaço varia em três sentidos, nomeadamente, a nível térmico, visual e acústico. As combinações desses três níveis de conforto fazem com que a pessoa esteja confortável com o ambiente do espaço em que está inserida.

Para o corpo humano se sentir confortável a nível térmico em determinado espaço, deve manter um nível ideal de fluxo de perda de calor em que a temperatura da pele se preserve perto dos 35°C. O fluxo de perda de calor aumenta com o baixar das temperaturas e quando é em demasia sentimos frio, por outro lado, como o aumento das temperaturas o nosso corpo reage tentando diminuí-la com a transpiração, resultado da redução do fluxo de calor. Embora a temperatura seja muito importante para o conforto térmico, a humidade relativa, os ganhos e perdas de calor das superfícies vizinhas, a radiação solar e a velocidade e direção dos ventos, têm também forte influência. (Corbella & Yannas, 2003)

No gráfico.1 pode-se observar um diagrama psicométrico para o caso específico de Luanda, com o nível ideal de conforto térmico em relação a dois parâmetros, nomeadamente, a temperatura (horizontal) e a humidade do ar (vertical), em que se mostra como a zona de conforto convencional pode ser mais abrangente com a utilização de técnicas de arrefecimento passivo. A forma 1 representa a zona de conforto convencional, a 2 a zona de influência de ventilação diurna, 3 a zona de influência de ventilação noturna, 4 zona de influência da inércia térmica, 5 zona de influência do arrefecimento evaporativo, 6 zona de aquecimento ativo (mais claro) e passivo (mais escuro), e 7 a zona onde o ar condicionado pode ser necessário.

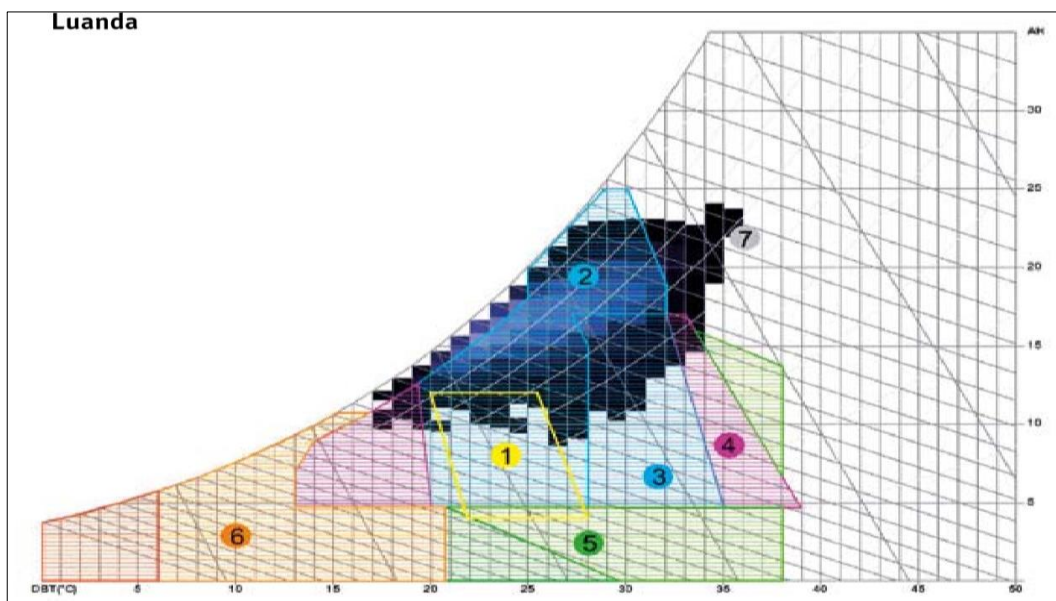


Gráfico 1- Diagrama psicométrico para Luanda. (Guedes, 2011)

Outro aspeto não menos importante a considerar na elaboração de um espaço com conforto climático é a atividade que se irá realizar no mesmo e a respetiva quantidade de roupa para tal. Na figura 30 e 31 podemos observar as temperaturas ideais de conforto para o desempenho de três atividades distintas: repouso, sentada a escrever ou ler e trabalho pesado, consoante a quantidade roupa necessária. Na figura 4 em que se representa a variação de temperatura com uma humidade relativa em 60% sem ventilação ou movimento de ar podemos notar que os níveis de temperatura de conforto variam entre os 29°C (repouso e pouca roupa) e os 10°C (trabalho pesado e muita roupa), enquanto que na figura 5 que representa os mesmos dados mas com ventilação e movimento de ar, as temperaturas de conforto são mais altas variando entre os 33°C e os 19°C. Tais dados permitem-nos assim concluir que um bom sistema de ventilação no edifício tem um impacto muito positivo tendo um efeito de refrescamento, embora vale lembrar aqui que as radiações transmitidas pelos objetos vizinhos e as radiações solares têm impacto sobre esses fatores. (Corbella & Yannas, 2003)

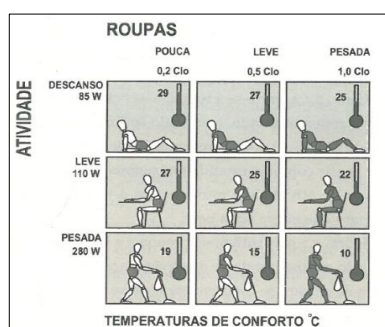


Fig. 4- Variação da Temperatura de conforto para humidade relativa de 60%, e sem movimento de ar, consoante a atividade e a roupa. (Corbella & Yannas, 2003, p. 35)



Fig. 5- Variação da Temperatura de conforto para humidade relativa de 60%, com movimento do ar, consoante a atividade e roupa. (Corbella & Yannas, 2003, p. 36)

Uma pessoa está confortável visualmente em determinado espaço quando consegue ver bem, o que está diretamente relacionado com o nível de luz para a atividade se realizar. Existem normas que definem a quantidade mínima de luz para as variadas atividades a realizarem-se num espaço consoante a idade dos utentes, mas apesar disso é importante estabelecer um equilíbrio para não provocar ofuscamento, nem grandes contrastes, pois criam desconforto visual.

A nível acústico, considera-se um espaço físico confortável quando a arquitetura e os revestimentos não influenciam negativamente sobre a capacidade de se ouvir bem. O nível de propagação ideal do som pode ser alterado por elementos que o absorvem ou o refletem em demasia causando sobreposições como a reverberação ou interferências, ou a absorção de algumas frequências mais que outras, criando distorções. O ruído produzido ao redor do espaço em que a pessoa se encontra também tem influência sobre o conforto acústico, o que implica dizer que tal espaço tem que ser projetado tendo em conta essas condicionantes. (Corbella & Yannas, 2003)

Contudo, sabendo que o intuito principal do arquiteto é projetar espaços confortáveis para os seus utentes é muito importante ter em conta os aspetos acima referidos. A arquitetura bioclimática visa criar tais espaços com estratégias e métodos passivos procurando sempre não recorrer a mecanismos que dependem energia. Tais estratégias que são a seguir estudadas, variam sempre consoante o meio em que se pretende construir, tornando-se bastante importante estudar as condicionantes climáticas e geográficas de cada lugar.

2.3- Localização, forma e orientação

Resumindo as condicionantes e respetivas estratégias que julgamos mais determinantes para elaboração de um projeto, considerá-las-emos a seguir.

Num clima quente como o de Angola é essencial que a edificação seja implantada tendo em conta o regime de ventos, para uma melhor eficiência no conforto térmico. Quando se trata de implantações em zonas montanhosas e encostas, deve-se implantar o edifício nas zonas mais baixas e a acima do leito das ribeirinhas, onde circula mais ar e se pode evitar a acumulação de águas de cheias. Deve privilegiar-se o lado da encosta que está com menor exposição direta ao sol.



Fig. 6- Este esquema mostra a localização de um aglomerado em relação ao sol numa encosta, em que o caso da direita é o melhor exemplo por beneficiar da sombra proporcionada pela encosta. (Guedes, 2011, p. 30)

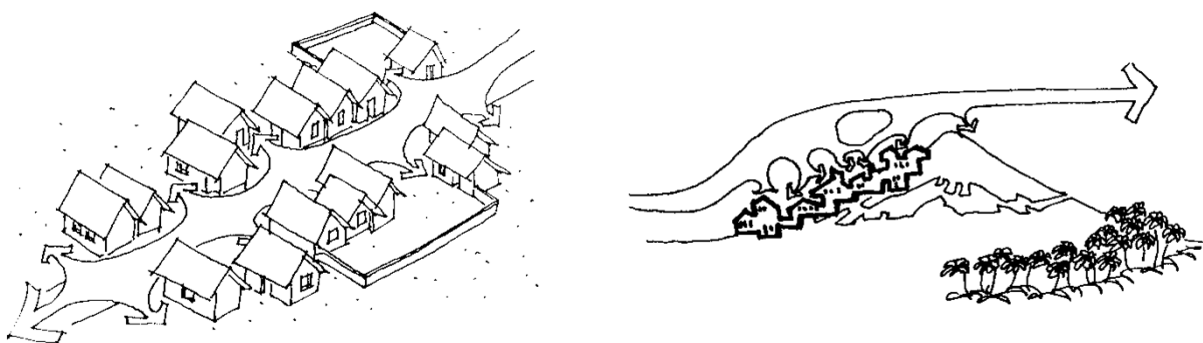


Fig. 7- Localização indicada do edificado em relação aos ventos. (Lengen, 2010, p. 105)

No que à forma diz respeito, à radiação solar, à disponibilidade de iluminação e à ventilação natural são diretamente influenciadas pela configuração e arranjo dos espaços internos de acordo com a função. Sendo o ambiente externo quente, a ventilação e o conforto dentro dos edifícios são aspetos críticos. O impacto dos raios solares em telhados e nas fachadas dos edifícios assim como a circulação dos ventos em zonas urbanas deve ser estudado.

As áreas passivas que correspondem às áreas do edifício potencialmente iluminadas e ventiladas naturalmente, consideram-se que tenham uma profundidade de duas vezes a altura do pé-direito, podendo ser reduzida caso haja obstáculos à luz natural e à ventilação, devido uma compartimentação interior pouco adequada, a edifícios vizinhos, ou no caso de espaços adjacentes a átrios. Quanto mais áreas passivas o edifício tiver, melhor eficiência energética vai ter, e menos vai recorrer a meios mecânicos para conforto térmico, ou seja, a proporção de área passiva de um edifício em relação à sua área total, dá uma indicação do potencial do edifício para o emprego de estratégias bioclimáticas. A consideração das áreas passivas deve fazer parte logo das primeiras fases do projeto, nomeadamente, na definição da forma e orientação do edifício, pelo simples facto das estratégias de um design passivo dependerem das mesmas.

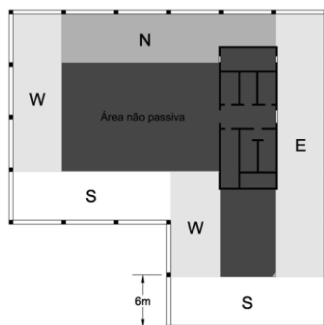


Fig. 8- Definição em planta de áreas passivas (cor clara) e não passivas (cores escuras) de um edifício. (Guedes, 2011, p. 32)

No que toca à orientação, no caso de Angola, a melhor é paralela ao eixo Nascente-Poente, pois restringe a área de exposição das fachadas que recebem sol de ângulo baixo (nascente e poente) e permite o sombreamento da fachada que mais recebe sol de ângulo alto (Norte), beneficiando ainda de iluminação natural.

Quando se trata de habitação, o ponto de partida para se aproveitarem as energias renováveis é uma orientação correta dos espaços de permanência. Dando a prioridade à questão de sobreaquecimento e evitar a exposição solar direta, a orientação adequada é a Norte, sendo, contudo, aceitável uma variação de até 45° (entre Nordeste e Noroeste). No caso de Luanda, segundo o software 'Ecotec', uma variação ligeira de 352.5°N é perfeita. Em relação à compartimentação da habitação, a melhor orientação para área de quartos é a Nascente, por captar menos calor e durante o período da tarde tornam-se espaços mais frescos. A cozinha deve ser o espaço mais fresco da habitação, logo não pode ser orientada a poente, mas a nascente ou sul. No seu posicionamento deve-se ter em conta também a orientação dos ventos dominantes, de modo a que quando soprarem não arrastem os cheiros e o calor para o resto da habitação. O dimensionamento das áreas envidraçadas deve ter em conta a orientação da fachada, sendo que a mais delicada é a Poente, que obriga a proteção para não haver radiação solar excessiva. (Guedes, 2011)

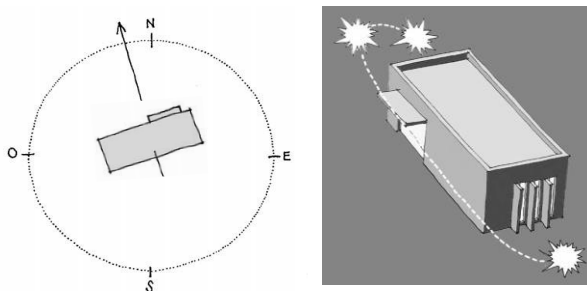


Fig. 9- Orientação solar adequada para Luanda. (Guedes, 2011, p. 33)

2.4- Sombreamento

Após esta primeira fase do projeto onde se otimiza a orientação e a área passiva, analisam-se várias técnicas adjacentes para conseguir um bom conforto térmico dentro de um edifício. Para a proteção contra o calor, já identificada como o grande desafio, existem várias técnicas como o sombreamento, o dimensionamento das janelas, o revestimento reflexivo da envolvente ou a aplicação de isolamento nas paredes. No que toca ao sombreamento, este é essencial para as áreas envidraçadas para evitar o sobreaquecimento, que se bem conseguido pode proporcionar temperaturas interiores entre 4°C e 12°C mais baixas em relação ao exterior.

Para além da área de envidraçado, é importante também garantir o sombreamento para a envolvente opaca do edifício, e deve-se ter especial atenção às superfícies orientadas a Nascente e Poente. O sombreamento em qualquer um dos casos pode ser feito por dispositivos fixos ou ajustáveis, por vegetação ou pela criação de espaços intermédios como pátios e varandas.

Os dispositivos fixos podem ser constituídos por palas horizontais, aletas verticais ou um sistema de grelhas, geralmente são elementos externos, e a sua aplicação adequada depende da orientação da superfície que pretendemos proteger. As palas horizontais são ideais para sombreamento das janelas orientadas para Norte, e devem ser colocadas na parte superior das vergas. Já as aletas verticais são mais adequadas para proteção das superfícies orientadas a Nascente e Poente, embora esta técnica isolada não proteja a superfície por completo. Mas ainda podem servir de proteção das superfícies viradas a Norte das radiações de ângulo baixo de Nascente e Poente em casos em que o edifício não está perfeitamente em paralelo com o eixo Nascente-Poente.



Fig. 10- Sistema de grelhas em edifício em Launda. (Guedes, 2011, p. 36)

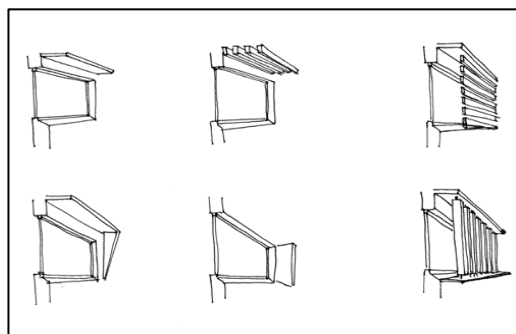


Fig. 11- Exemplo dos variados tipos de dispositivos fixos. (Guedes, 2011, p. 38)

O sistema de grelhas é um dispositivo fixo eficaz para qualquer tipo de orientação, dependendo também da sua configuração. Este também tem a grande vantagem de oferecer privacidade aos espaços que apoia, embora tenha que se ter especial atenção ao facto de poder prejudicar a qualidade de iluminação no espaço, a visibilidade para o exterior e a ventilação natural. Habitualmente contribui para a estética da composição arquitetónica.

Os espaços intermédios, podem ser varandas, pátios, átrios ou arcadas. A implementação desses espaços ou a criação dessas áreas tem um impacto muito positivo no comportamento térmico do edifício não funcionando apenas como sombreamento fixo, dependendo da conceção, como também é uma estratégia para proporcionar ventilação natural e iluminação do interior. Esses espaços podem ainda ser preenchidos com vegetação, que já foi referido, como um elemento de sombreamento e não só. Em Angola, no que toca às árvores, o mais aconselhável é o uso de árvores de folha perene, pelo facto de proporcionarem sombra ao longo de todo o ano. O preenchimento de paredes com vegetação (parede verde) também é uma técnica eficaz de sombreamento, principalmente em superfícies opacas.

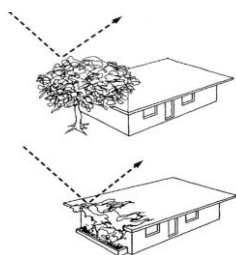


Fig. 12- Sombreamento com vegetação. (Guedes, 2011, p. 38)

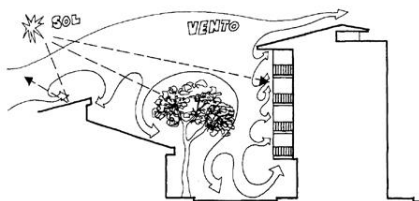


Fig. 13- Impacto dos radiações solares e ventilação em edifício com varanda e árvore a frente. (Guedes, 2011, p. 31)

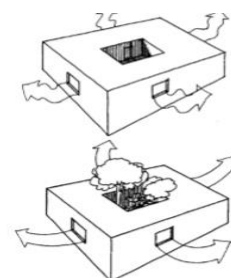


Fig. 14- Influência dos pátios internos na ventilação e sombreamento de edifícios (Guedes, 2011, p. 57)

Quanto aos dispositivos ajustáveis, estes podem ser externos (estores ou persianas, palas ou venezianas ajustáveis, aletas giratórias, etc) ou internos (cortinas, persianas ou venezianas), e podem mesmo ser mais eficazes em relação aos dispositivos fixos, pois possibilitam a proteção em diferentes ângulos, permitindo o utente ajustar consoante as suas necessidades.

Os dispositivos de sombreamento independentemente de serem fixos ou ajustáveis, são mais eficientes quando são colocados no exterior, pois ajudam também a reduzir a incidência das radiações solares sobre a área de envidraçado, enquanto que os internos apenas refletem as radiações que já estão no interior do edifício. Outro aspeto a considerar em tais dispositivos é a cor, sendo que o melhor é o uso de cores claras pelo facto de refletirem as radiações solares (Guedes, 2011). Este assunto, é melhor abordado no subcapítulo a seguir.

2.5- Revestimento reflexivo da envolvente

As cores utilizadas nas superfícies têm um grande contributo na dissipação de temperaturas, pois as cores escuras retêm o calor e as radiações solares, enquanto que as cores claras refletem as radiações solares, ou seja, o nível de reflexão aumenta com a claridade da cor, o que implica dizer que a cor que mais reflete a radiação solar é o branco.

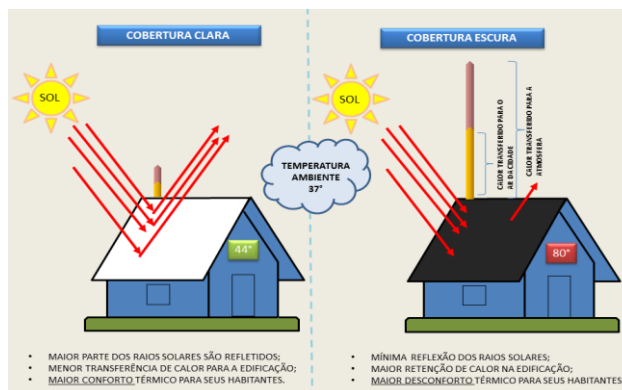


Fig. 15- Ilustração do comportamento de uma cobertura de cor clara, relação a uma de cor escura. (Wikipédia.org/inerciatermica)

Visto que em Angola lidamos com temperaturas muito altas e o desafio é diminuir as temperaturas no interior dos edifícios, o uso de cores claras nos revestimentos é o ideal tanto no exterior como no interior, tanto nas paredes como na cobertura. No caso das paredes exteriores, contribui para reduzir a temperatura da envolvente do edifício e evita a condução das temperaturas exteriores para o interior. Nesse caso a única desvantagem da reflexão das radiações solares proporcionadas pelas cores claras é, a nível urbano, quando prejudica a edificação vizinha, embora possa ser resolvida com dispositivos de ensombramento.

No que toca ao interior, o uso de cores claras é igualmente vantajoso pois para além de contribuir para a redução das temperaturas, reduz a necessidade do uso de luz artificial durante o dia.

O uso de materiais escuros nas proximidades dos edifícios como gravilhão, areia preta e o betão não é aconselhável, bem como a aproximação aos pavimentos de cor escura como o betuminoso nas estradas, para não existir absorção de calor e irradiação para o interior. Por outro lado, o uso de materiais claros pode originar reflexão dos raios solares, pelo que este assunto deverá ser muito bem ponderado.

2.6- Isolamento

A implementação correta do isolamento térmico no edifício, é uma das técnicas para proteger o edifício contra os ganhos de calor durante os períodos mais quentes e melhorar o conforto térmico durante todo o ano. Pode evitar também a infiltração de ar quente melhorando a vedação das paredes, bem como reduzir problemas de condensação em zonas com climas mais húmidos (Guedes, 2011).

O isolamento térmico pode ser feito pelo ar que existe entre as paredes, no caso de paredes duplas, ou nas cavidades dos tijolos, como também pode ser feito por um elemento isolante térmico. Este último por sua vez, para ser eficaz, deve ser colocado na cavidade entre os panos de parede, no caso de se tratar de paredes duplas, ou na envolvente opaca exterior do edifício (fachada).

Os materiais de isolamento por serem celulares, evitam a condução de calor para o interior devido à existência de gás retido entre muitas camadas (e.g. fibra de vidro, lã de rocha) ou em células (poliestireno), aumentando a resistência térmica do material à sua condução, e são proporcionais à sua espessura, mas não restringem necessariamente o calor radiante (Guedes, 2011).

No caso de Angola, o isolamento ou proteção da cobertura é uma prioridade pela elevada exposição solar e pelas temperaturas altas dessa superfície. Pode ser feito pela criação de uma caixa de ar ventilada ou por elementos isolantes, em que os mais aconselháveis são as barreiras radiantes, feitas de produtos reflexivos como chapa de alumínio. Podem ser instalados em superfícies ventiladas do telhado, em que a chapa metálica reflete a radiação, e a ventilação na cavidade impede a condução do calor para o interior do edifício (fig.16). Outro material usado e que é muito eficaz para isolar a cobertura é o colmo (fig.17), que recobre a chapa metálica. É um material abundante e barato que favorece muito o efeito da radiação.

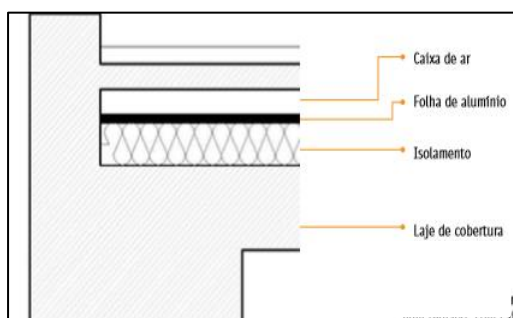


Fig. 16- Exemplo de aplicação de barreira radiante num telhado. (Guedes, 2011, p. 45)



Fig. 17- Cobertura com Colmo. (Guedes, 2011, p. 45)

2.7- Áreas de envidraçado e tipos de vidro

A implementação das áreas envidraçadas nas fachadas de um edifício deve ser bem estudada pelo facto de serem os elementos que mais transmitem calor para o seu interior, resultante da fraca resistência do vidro às transferências de calor radiante, e quando mal implementada obriga a recorrer ao uso de ar condicionado. De uma forma geral em climas quentes como o de Angola é importante evitar os grandes vãos de envidraçados nas fachadas.

Na distribuição das áreas envidraçadas deve-se ter em conta a orientação e o seu dimensionamento, pois determinam em grande medida a penetração da radiação solar no edifício. No que toca a orientação, de uma forma geral, as fachadas orientadas a Norte não devem ultrapassar 30% da área da mesma, enquanto que a Nascente e a Poente (fachadas mais delicadas e sujeitas a maiores ganhos de calor), não devem ultrapassar os 20%, assim como a Sul.

O dimensionamento das janelas é uma tarefa complexa, pois para além de se ter em conta o seu impacto térmico, deve-se ter em conta que também influenciam o desempenho da iluminação e ventilação natural, a acústica, e o contacto visual com o ambiente externo. Há, contudo, uma série de programas de ‘software’ de simulação, disponíveis para projetistas, para ajudar no dimensionamento das aberturas, como por exemplo, o *EnergyPlus*, o *DOE*, ou, para arquitetos, o *Ecotect*. (Guedes, 2011, p. 46)

Quanto ao tipo de vidro, o mais aconselhável é o vidro duplo pois confere um melhor comportamento térmico à área de envidraçado em relação ao vidro simples. Estes conseguem reduzir cerca de 30% à 40% das trocas de calor. Outro tipo de vidro que pode ser mais eficaz, embora tenha um custo muito elevado, é o vidro de baixa emissividade pois podem ser quase opacos à radiação infravermelha, reduzindo as trocas de calor em mais de 50%, sem reduzir os níveis de luz natural. O uso de vidros fumados é desaconselhável pelo facto de reduzirem bastante os níveis de luz natural, aumentando o uso de luz artificial e consequentemente um maior consumo energético.

As caixilharias das janelas também têm influência nas trocas de calor, embora seja reduzida e é aconselhável também o uso de cores claras nas mesmas para refletir as radiações. No que toca aos materiais para a caixilharia, e consoante a sua capacidade de conduzir calor o melhor é o PVC pelo facto de apresentar melhores consumos energéticos e ser o de menor

custo, seguido da madeira e por fim o alumínio. Contudo, o PVC pode estar sujeito a patologias devido a incidência dos raios ultravioleta.

2.8- Ventilação Natural

Para conseguir uma ventilação natural é importante saber que consiste no ar que flui entre o exterior e o interior do edifício, e pode ser originada de duas formas, nomeadamente a ventilação por efeito chaminé e a ventilação por diferenças de pressão criadas pelo vento em torno do edifício, criando uma renovação do ar interior viciado e trocando-o por outro novo.

A ventilação natural nos edifícios tem três objetivos, nomeadamente, o fornecimento de ar fresco aos ocupantes substituindo o ar viciado e controlando odores, humidade, CO₂ e concentração de poluentes melhorando assim a qualidade do ar, a remoção de calor do interior do edifício proporcionando temperaturas mais confortáveis, e por fim o arrefecimento do corpo humano por convecção e evaporação. Os requisitos para cada um desses objetivos pode ser visto no quadro do Anexo 1. No entanto para aplicar as estratégias de ventilação é essencial ter conhecimento das direções dominantes dos ventos para orientação correta dos vãos, bem como o regime de ventos de terra (noite) e a brisa do mar (dia) em alguns casos.

A ventilação por diferenças de pressão é influenciada pela intensidade e direção do vento, bem como por obstruções ou não de outros edifícios e ou vegetação, conseguida com três estratégias diferentes: por ventilação unilateral (consiste na ventilação fornecida por aberturas em apenas um lado da divisão ou fachada), por ventilação cruzada (consiste na criação de um percurso de fluxo de ar dentro da área a ventilar com aberturas de ambos os lados do edifício) e por torre de vento. Esta última é um dispositivo para canalização do vento e é uma estratégia muito inteligente quando o edifício não tem uma orientação favorável em relação ao sentido do vento e brisas predominantes.

A ventilação cruzada é o meio mais eficaz de ventilação natural, funcionando ainda melhor em edifícios com dimensões maiores ou em situações em que a

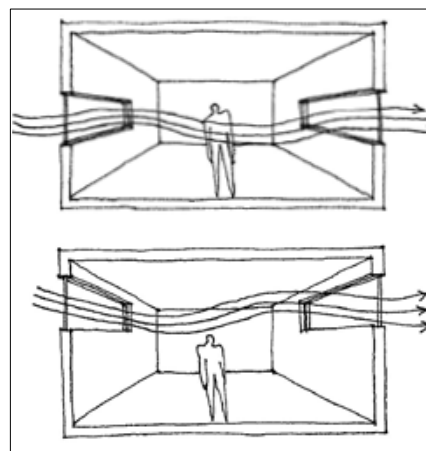


Fig. 18- Tipos de ventilação cruzada. (Guedes, 2011, p. 53)

profundidade útil é de 9m ou de até três vezes a altura do pé-direito. Este tipo de ventilação é o que mais interessa para este trabalho pois é um dos métodos utilizados no projeto e na arquitetura vernacular. Na figura 18 podemos observar a ventilação cruzada para dois tipos de arrefecimento, em que o primeiro caso mostra entrada de ar fresco a nível inferior ideal para o conforto do ocupante, enquanto que o segundo caso trata da entrada de ar a nível superior que permite o escoamento do ar quente que se acumula junto ao teto, ajudando no arrefecimento das temperaturas no interior do edifício pelo efeito de convecção.

A ventilação por efeito chaminé é mais apropriada para edifícios em altura, ou em casos que a velocidade do vento é reduzida ou de padrão imprevisível. Consiste na reprodução de uma diferença de pressão vertical, dependendo da diferença de temperatura do exterior e a temperatura média entre a coluna de ar, a dimensão, localização e altura da coluna de ar.

Na arquitetura vernácula esta estratégia é utilizada naturalmente, em que a ventilação cruzada acontece tanto por efeito de convecção como por pressão do vento. A saída, na maioria dos casos, faz-se através da cobertura vegetal, com saídas muito suaves e livre de correntes de ar no compartimento. “Em climas mais quentes, como o angolano, uma chaminé solar pode ser usada para elevar as temperaturas nas áreas desocupadas, aumentando as diferenças de temperatura. O desempenho é mais fraco do que o da ventilação por pressão do vento, uma vez que requer maiores diferenças de temperatura e maiores áreas de aberturas”. (Guedes, 2011, p. 55)

Pode-se observar melhor o desempenho de cada tipo de estratégia no Anexo 2.

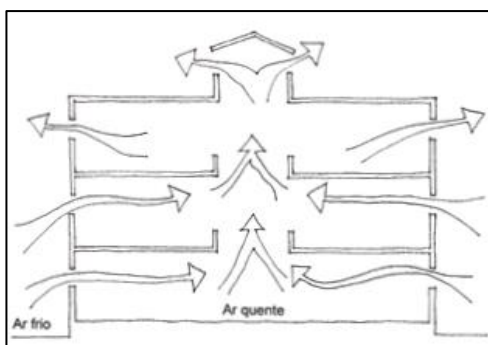


Fig. 19- Ventilação por efeito chaminé por introdução de átrios. (Guedes, 2011, p. 54)

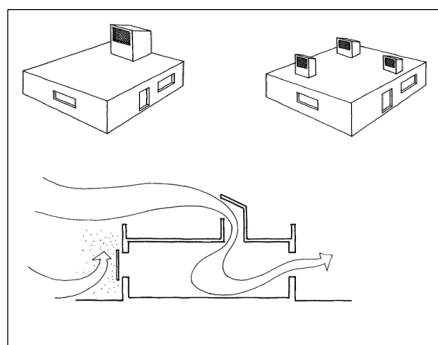


Fig. 20- Ventilação por efeito chaminé, por chaminés solares. (Guedes, 2011, p. 57)

Os sistemas de ventilação aqui descritos podem ainda ser reforçados ou melhorados com dispositivos mecânicos de baixo consumo energético como as ventoinhas, de teto, caixa ou oscilantes e o seu uso pode permitir o aumento da temperatura de conforto térmico interior, bem como, amenizar em casos que as janelas permitam grandes trocas de calor, excesso de velocidade do ar ou expostas a ruído. O sistema de ventilação assistida envolve ductos e aberturas especiais, que têm custos mais baixos que o ar condicionado e são utilizados para fornecer ar novo com temperaturas mais baixas e arrefecimento da massa da construção no seu interior.

2.9- Inércia Térmica

No ramo da construção civil, a inércia térmica está diretamente relacionada com a reação dos materiais no que concerne às transferências de temperaturas do exterior para o interior. Pode ser definida pela capacidade que as edificações têm para amenizar as variações térmicas exteriores (radiações solares, humidade relativa e temperatura do ar) no interior do mesmo acumulando ou perdendo calor de uma forma lenta e suave (Horta, 2012).

O valor de inércia térmica de um edifício varia consoante a sua quantidade de massa térmica, estando esta contida nos materiais das paredes externas ou internas, coberturas e lajes, que por sua vez é definida pela capacidade que os materiais possuem em armazenar calor e frio.

O valor ideal de inércia térmica nas edificações varia consoante o contexto climático, sendo que para o caso de Angola os materiais a usar nas edificações devem possuir uma inércia térmica elevada, pois ajudam a diminuir os valores máximos de temperatura radiante no verão, proporcionando assim melhores condições de conforto. As altas temperaturas acumuladas durante o dia são libertadas pela ventilação noturna. Embora a massa térmica dos materiais atrase as trocas de calor por condução com o exterior, é indispensável que esta seja conjugada com estratégias de ventilação eficaz, pelo simples facto da mesma diminuir a sua eficiência com o acumular do calor na massa térmica do edifício. O desempenho da massa térmica é influenciado pela capacidade das características construtivas dos materiais do edifício para as trocas de calor com o interior, ou seja, depende do coeficiente de transmissão térmica dos materiais empregues. O desempenho é influenciado também pela capacidade física desses materiais para acumular calor. (Guedes, 2011)

Existe ainda outra opção para o nosso tipo de clima, pois podem-se usar materiais de baixa inércia térmica (pouco espessos) desde que a ventilação transversal seja eficaz. Embora a temperatura interior possa ser elevada no fim do dia uma ventilação eficaz arrefece em muito pouco tempo todo o interior, igualando a sua temperatura à do exterior e permitindo um excelente conforto térmico. É o que se passa com grande parte da arquitetura vernacular devido à estabilização climática noturna.

2.10- Escolha das matérias de construção | concreto ecológico

A escolha dos materiais de construção é um dos fatores agregados à sustentabilidade na arquitetura e na construção civil. No entanto é importante saber que não existe um material totalmente sustentável em qualquer situação ou tipo de uso, ou seja, depende da situação em que o projeto se insere, nomeadamente, função do material (revestimento, alvenaria, estrutura, etc), modo de produção, parte da obra em que será aplicado (pavimento, cobertura, parede, etc), local de implantação da obra, zona bioclimática, hábitos e costumes do usuário, e ainda a energia incorporada no fabrico ou preparação. (Oliveira, 2015)

A análise da sustentabilidade dos materiais de construção pode ser feita sobre três critérios, nomeadamente, o critério social, o critério económico e o critério ambiental. No primeiro caso, o menos procurado pela construção civil, está diretamente relacionado com a informalidade nas atividades do setor. Tal informalidade pode acontecer na extração de recursos, produção, comercialização e fim do ciclo de vida de materiais, podendo assim causar, por exemplo, desrespeito ao ambiente, não preferência por produtos locais e comprometimento da qualidade dos produtos com o objetivo de maximizar a prestação da construção. (Oliveira, 2015)

A sustentabilidade do material a nível económico é analisada pelos custos do seu ciclo de vida, a lógica do sistema de produção e a maior durabilidade e a melhor conservação. As fases que compreendem os custos de ciclos de vida são os custos de construção, operação, manutenção e demolição. Isto implica dizer que um material sustentável tem que envolver os menores custos possíveis em todas essas fases do ciclo de vida dos materiais, além do respeito pelo ambiente.

Os critérios de sustentabilidade ambiental são de certo modo os mais importantes, e baseados em certos princípios, nomeadamente, na utilização de recursos naturais, na energia incorporada já referida, no grau poluente e de toxicidade, nas emissões de CO₂,

reutilização e reciclagem, bem como a durabilidade. Em relação aos recursos naturais, a escolha do material está relacionada com o consumo de matéria prima natural, energia e água, em que quanto mais baixo o índice for melhor. Dentro da energia incorporada são analisados os gastos desde a extração do material, o transporte a indústria, a energia gasta na sua fabricação, o transporte ao local da obra, em certos casos a energia usada na sua aplicação e ainda a energia utilizada no final de vida.

A análise do grau poluente para atmosfera e solo, e toxicidade dos materiais são de extrema importância pois têm forte impacto sobre o conforto ambiental no interior e ao redor da edificação. Este princípio tem como objetivo determinar a existência de compostos químicos e tóxicos existentes nos materiais, pois podem causar danos aos ecossistemas bem como a saúde dos ocupantes. Diretamente relacionado com estes dois últimos princípios está o critério correspondente as emissões de CO₂, uma vez que a emissão de gás carbónico corresponde a um impacto ambiental de poluição do ar, agressão da camada de ozono e ao efeito estufa. É importante também que dentro do ciclo de vida dos materiais, para além da energia incorporada, seja medida a quantidade de CO₂ emitida durante o ciclo extração/final de vida.

Após o ciclo de vida do material, o princípio da reutilização e reciclagem visa reduzir o impacto sobre o ambiente natural através da diminuição da carga de resíduos que é libertada. Neste caso é sempre preferível a reutilização pois consome menos energia, e no caso da reciclagem é importante perceber se os mecanismos de reciclagem não têm um impacto negativo sobre o ambiente. Por fim é também analisada a durabilidade dos materiais, pois a nível ambiental quanto menor a durabilidade, mais operações de manutenção, ou reabilitação serão necessárias, envolvendo assim um maior consumo de materiais e energia, e consequentemente os impactos ambientais negativos. (Oliveira, 2015)

Em suma, pode-se concluir que é muito importante trabalhar com materiais locais, pois conseguem cumprir com os critérios acima descritos. Para o caso de Angola, vê-se muito o uso desses materiais como a madeira, o colmo e a terra nas construções tradicionais, embora a forma como são aplicados por vezes põem em causa a durabilidade do edifício. Entre eles, a terra como material de construção tem um especial interesse para esse trabalho. Em seguida descrevem-se as várias formas de o aplicar e as respectivas vantagens.

2.10.1- Terra como material de construção

A construção em terra já remonta aos tempos primitivos e está presente em quase todo mundo, na qual 50% das pessoas vivem em habitações feitas com esse material. Em Angola a construção em terra está presente de Norte a Sul, embora esta varie consoante as regiões e os diferentes tipos de solo que se encontram no país

A terra pode ser aplicada em forma de bloco comprimido (BTC) ou apenas feito manualmente e seco ao sol (BTM) ou taipa.

A técnica BTM, bloco de terra moldada mais conhecido por abobe, é usada com a terra em estado plástico, sendo muito arenosa e argilosa (até 30%). O mesmo resulta da mistura da terra com água até se obter uma pasta moldável que em seguida é moldada à mão ou preparada num molde de madeira e por fim desenformado e seco ao sol. Em alguns locais, para além da água e da areia é acrescentado capim cortado e ou estrume de gado fresco como estabilizador e evitar a retração quando secar.

A Taipa é uma técnica que resulta da colocação da mistura da terra tal como no adobe, apiloada em camadas dentro de uma cofragem formando um bloco monolítico. Esta técnica é a mais antiga, e atualmente tem vindo a surgir nova tecnologia para tornar este tipo de construção mais racional e limpa.

O BTC, bloco de terra comprimida, tem características muito parecidas ao adobe em que a grande diferença é que um feito manualmente e o outro é feito com prensas, ou seja, tem que ser um tipo de terra que se adapte à compressão. Em certos casos também são adicionados estabilizadores ou mesmo uma pequena percentagem de cal ou cimento, ou ainda betume que rondam os 5%



Fig. 21- Construção em Taipa. (Guedes, 2011, p. 96)



Fig. 22- Blocos de adobe (Guedes, 2011, p. 89)

De uma forma geral a construção em blocos de terra apresenta inúmeras vantagens em relação aos blocos mais correntes, primeiramente pelo facto da terra ser um material abundante e reutilizável, não processado industrialmente (sem posto de energia) e muito ecológico. Quanto aos critérios de seleção, a nível social é um material que a sua exploração é bastante saudável e as técnicas já muito usadas em meios rurais. A nível económico representa custos muito reduzidos no seu ciclo de vida que, quando bem aplicado é bastante duradouro. A nível ambiental, a energia consumida (tabela.1) na sua produção é nula, ou quase nula (no caso das prensas serem mecanizadas) fazendo com que as emissões de CO₂ e o grau de toxicidade sejam quase nulos (gráfico.2). Este ainda pode ser reciclável e sobretudo reutilizável.

Material	Quantidade	Consumo de energia (KW/h)
Tijolo maciço Cerâmico	1 (Tijolo)	3,98
Bloco de Betão	1 (Tijolo)	8,50
Adobe (pr. mecanizada)	1 (Tijolo)	0,73
Adobe (pr. manual)	1 (Tijolo)	0,00

Tabela 1- Consumo de energia para a produção de materiais de construção. (Meneses, 2010, p. 30)

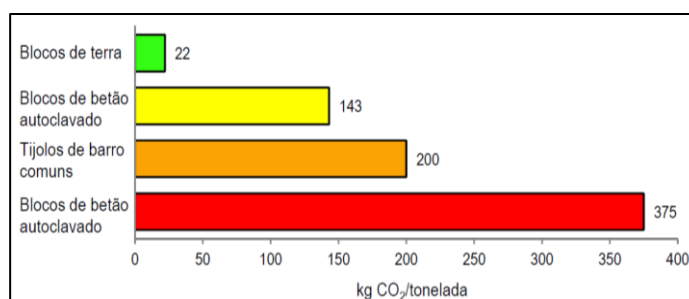


Gráfico 2- Carbono incorporado em materiais para alvenaria. (Meneses, 2010, p. 29)

No que respeita ao comportamento do material em relação ao meio climático em que se insere, o mesmo proporciona uma sensação térmica mais agradável no interior das edificações pelo facto de ser um bom isolante térmico e possuir um índice alto de inércia térmica, o que permite reagir bem aos picos de temperatura e não permitir as trocas de calor entre exterior e interior. Isto deve-se a elevada higroscopicidade que a terra possui. Nos gráficos 3 e 4 observamos dois gráficos que mostram o resultado da comparação do comportamento térmico de um edifício construído em BTC em relação com um edifício construído em betão durante três dias de calor no México, em que no primeiro que regista a temperatura o edifício de betão regista temperaturas superiores em relação ao ambiente exterior, enquanto que o edifício construído em BTC regista temperaturas significativamente

inferiores. No segundo gráfico em que se faz o registo da humidade, a construção feita em betão chega a atingir valores de 90% de humidade relativa para 37,8°C, enquanto que na de BTC o valor máximo foi de 60%. (Meneses, 2010)

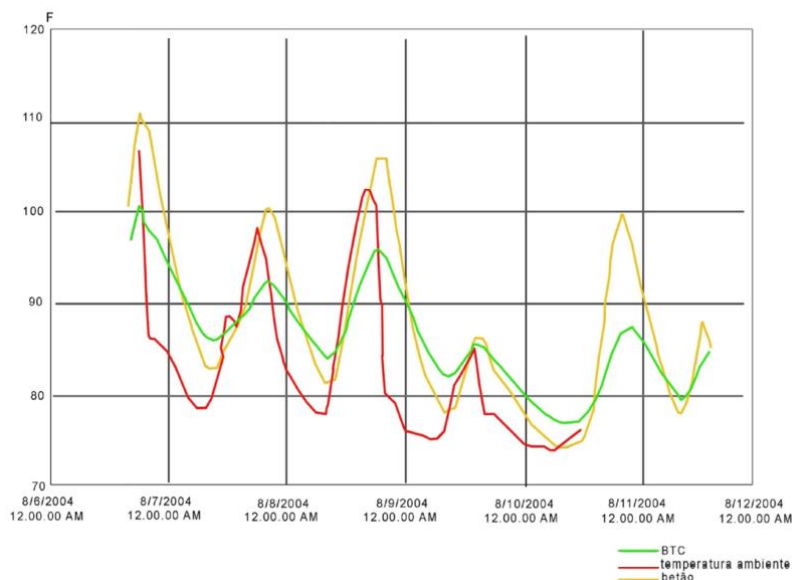


Gráfico 3- Temperaturas registadas de 6-11 de Agosto de 2004 nos três elementos comparativos. (Meneses, 2010, p. 28)

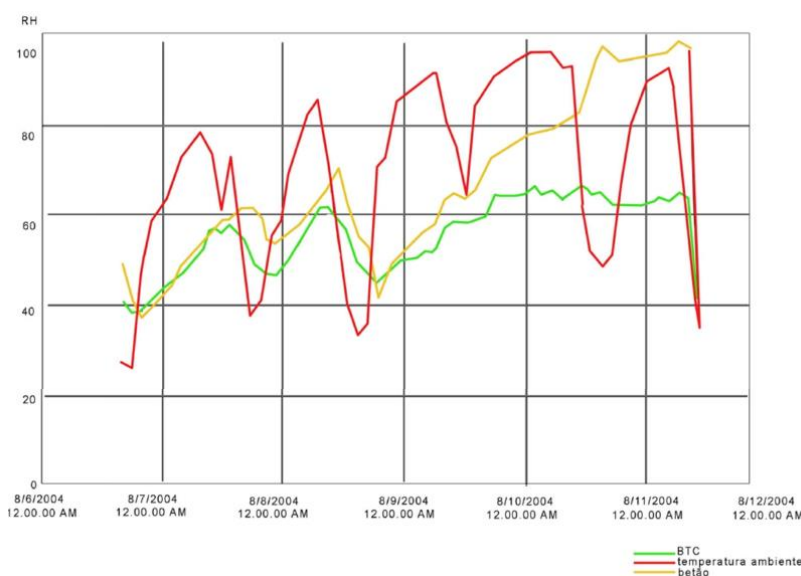


Gráfico 4- Humidades registadas de 6-11 de Agosto de 2004 nos três elementos comparativos. (Meneses, 2010, p. 28)

Apesar das vantagens já aqui citadas, a construção em terra possui algumas desvantagens que são essenciais terem-se em conta quando se decide usar, nomeadamente, a sua fraca resistência à tração e a baixa resistência à ação da água que torna necessária a construção sobre um embasamento. No entanto, as grandes vantagens desse material e o fato de Angola em geral possuir um bom solo para esse tipo de técnica, faz crer que seja um dos materiais a considerar e a motivar o seu uso visto que o país está em fase de reconstrução.

3- Arquitetura em Angola (análise a sustentabilidade das edificações)

Este capítulo visa fazer uma abordagem à arquitetura em Angola e às suas tendências até à atualidade com o intuito de fazer um enquadramento e definir qual a sustentabilidade. Em consequência do facto das cidades Angolanas terem começado a desenvolver-se com maior intensidade a partir do século XX, define-se este período como limite cronológico de análise, o que implica começar por abordar o movimento moderno.

3.1- Arquitetura do período colonial

O século XX corresponde a um período da história de Angola como uma das colónias portuguesas, marcado pela afirmação do Estado Novo em 1926 que resultou, na arquitetura em Portugal numa grande mudança de paradigma e consequentemente nas colónias não foi diferente. Tal mudança correspondia à abertura à linguagem arquitetónica através dos modelos internacionais (modernismo), arquitetura muito marcada pelo uso de novas técnicas construtivas, (betão, vidro) e foi aproveitada pelo Estado Novo como a afirmação de uma nova era e caracterização da presença portuguesa nas colónias, assim como na Metrópole devido à mudança de paradigmas por parte dos arquitetos.

Nas colónias portuguesas em África, os arquitetos foram levados por essa nova linguagem arquitetónica e pelas experiências já feitas em territórios brasileiros onde se destacaram as obras de Óscar Niemeyer e Lúcio Costa. Nessa época os dispositivos de controlo climático (ar condicionado) já estavam a ser muito usados nas edificações (principalmente nos EUA), que eram projetadas dando maior importância às questões higiénicas e à proteção contra as agressões do clima tropical (doenças) em África. A partir dos anos quarenta, os arquitetos modernos passam a projetar para o clima valorizando o conforto urbano e o bem-estar, de modo a aproveitar mais os recursos locais e diminuir o uso desses dispositivos e consequentemente potenciar a eficiência energética, tendo contribuído também as especializações em Arquitetura Tropical que alguns arquitetos fizeram como o arquiteto Schiappa Campos. (Tostões, 2013)

Esse conceito de uma arquitetura adaptada ao clima foi definindo a arquitetura tropical, que também estava a ser desenvolvida em outras paragens africanas não portuguesas. Nesse contexto como já foi referido, destacam-se a nível internacional Maxwell Fry and Jane Drew

com as suas publicações, bem como Otto Koenigsberg que compreendia estudos sobre climatologia, materiais de construção, projeto climaticamente responsável, sanidade e higiene. (Tostões, 2013)

Os arquitetos que trabalhavam nas colónias portuguesas eram na sua maioria formados nas escolas de Lisboa e Porto. A nova geração modernista começou a ter influências de França principalmente a partir de 1924 com a inauguração do Instituto de Urbanismo de Paris, onde estudaram alguns deles como Vasco Vieira da Costa. No I Congresso Nacional de Arquitetura em Lisboa em 1948 foram abordados os planos das cidades de Luanda e Lobito e surgiram os ideais de Le Corbusier com a Ville Radieuse e a Carta de Atenas, referências que foram muito bem recebidas e aplicadas por esses arquitetos a partir de 1945. Em Angola podemos ver essas influências nas obras dos arquitetos, Vasco Vieira da Costa (1911-1982) e Fernão Simões de Carvalho, seguidor de Le Corbusier.

A adaptação ao clima tornou-se um fator motivador para as obras desses arquitetos e tais questões que hoje integramos no domínio da sustentabilidade ambiental passaram a ser consideradas como chave conceptual do projeto. A resposta assentou em programas e soluções arquitetónicas desenvolvidas para potenciar o uso de espaço ao ar livre, recorrendo ao uso de várias técnicas arquitetónicas que minorizam as consequências da exposição solar e garantem o conforto térmico no interior das habitações, como por exemplo ao uso de galerias de acesso e circulação, a introdução de dispositivos de controlo de incidência solar como os *brise-soleil* ou grelha-luz em português, quer na versão de palas verticais quer horizontais, fixas ou móveis, mas também como placas pré-fabricadas de betão ou de cerâmica. O *brise-soleil* foi a técnica que mais marcou as edificações dessa época após terem sido experimentadas com sucesso na fachada norte do MESP (Ministério da Educação e Saúde Pública) no Brasil, pois combinam a proteção solar com a necessidade de ventilação. (Tostões, 2013)

Como já referido, a influência de Le Corbusier foi muito importante para a formação da designada geração africana de arquitetos. No caso de Angola um dos que mais a assimilou foi Vasco Vieira da Costa pelo facto de ter estagiado no atelier Rue de Sévres em Paris. Este arquiteto interessa aqui focá-lo, pois foi determinante na marcação do estilo moderno na cidade de Luanda com a sua tese que propunha uma cidade satélite para a mesma. (Tostões, 2013)

Vasco Vieira da Costa nos seus projetos tinha sempre em conta as condicionantes do lugar e do clima, e procurou sempre dar uma resposta tecnicamente eficaz e esteticamente inovadora, tentando sempre orientar as edificações consoante os ventos dominantes e coordenar com a exigência de reduzir a incidência solar direta sobre as superfícies do edifício. Podemos usar as suas obras como uma exposição das variadas técnicas desenvolvidas para resolver os problemas de incidência solar e ventilação tal como o Ministério das Obras Públicas de Angola (fig.23) que é fortemente marcado pelo sistema de sombreamento usado na fachada principal funcionando como uma segunda pele do edifício, o que cria um forte efeito plástico e tridimensional, o sistema de grelhas é também utilizado nas fachadas laterais, e permite a ventilação dos corredores de distribuição do edifício. De suas obras, a



Fig. 23- Ministério das obras Públicas, Luanda. (Grilo, 2011)



Fig. 24- Mercado do Kinaxixi. (Grilo, 2011)

mais conhecida é o Mercado do Kinaxixi (fig.24) em Luanda, que infelizmente foi demolido em 2008. Era um edifício que ocupava um quarteirão da cidade e situava-se em frente ao largo do Kinaxixi, assente sobre pilotis. O edifício remetia para as praças tradicionais de Luanda, possuía uma arquitetura com formas geométricas simples e vivia em torno de dois pátios internos em torno das quais se acomodavam as estruturas dos serviços e armazéns, no piso térreo, e as galerias de venda no piso superior. As fachadas das paredes dos pisos superiores eram marcadas por paredes *brise-soleil* que tornavam o espaço bastante confortável a nível térmico (Milheiro, 2012).

No que concerne as construções tradicionais em Angola (fig.25), durante esse período situavam-se nas zonas rurais, e apesar da grande diversidade etnográfica na qual cada grupo possui algumas características socioculturais particulares e diferentes entre si. Essas edificações são o resultado do conhecimento empírico adquirido ao longo dos séculos, de muitas gerações mesmo antes da colonização e sempre procuraram uma adaptação ao clima. A nível da construção diferenciava-se muito pouco, sendo praticada uma construção vernácula, ou seja, com os materiais locais, como o adobe, a pedra e a madeira. Até a afirmação do regime, as residências ocupadas pelos portugueses em Angola aproximavam-se na forma e nas condições de salubridade das casas tradicionais (fig.26). (Milheiro, 2012)



Fig. 25- Exemplo de Construções tradicionais, Porto Amboim. Fotografia de António Rodrigues

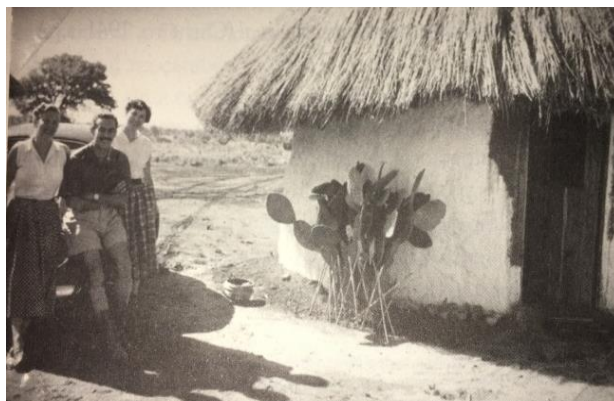


Fig. 26- Exemplo das primeiras residências feitas pelos portugueses em Angola. (Milheiro, 2012, p. 315)

3.2- Arquitetura do período Pós-independência (Atualidade)

Angola tornou-se independente em 1975, e é importante realçar que posteriormente viveu um período de quase trinta anos de guerra civil que teve obviamente um forte impacto nas cidades. No caso de Luanda, por ser a capital e por sua vez a cidade mais segura, houve um grande aumento da densidade populacional, resultante da migração da população das outras cidades para Luanda. Sem estar preparada para albergar tal número de habitantes, começou a ocupação desordenada de solos e edifícios e o aumento da periferia.

Podemos dividir as edificações em Luanda atualmente em três categorias, as construções consolidadas em espaço urbano, as construções não consolidadas em espaço urbano e as construções tradicionais. No que diz respeito ao primeiro caso, estas incluem todas as edificações dos vários períodos até a atualidade com caráter não provisório e que caracteriza o conjunto urbano resultante. O estado de conservação dos edifícios modernos, varia, pois alguns sofreram alguns danos com a guerra e há uma necessidade de reabilitação na maior parte dos casos apesar de se encontrarem habitados. No caso dos edifícios habitacionais, os que vão sendo mantidos na sua maioria já sofreram alterações, como aumento de compartimentos, remoção de paredes, alteração no revestimento, que nem sempre são adequadas. Das poucas reabilitações que houve podemos destacar a que foi feita no Ministério das Finanças (fig.27) na Baixa de Luanda, que consistiu, para além das mudanças no interior, na mudança do revestimento das paredes exteriores e na colocação de grandes faixas verticais envidraçadas nos espaçamentos que existiam entre os pilares que se situavam à frente de uma fachada recuada nos pisos superiores. O mesmo tipo de

reabilitação podemos constatar no Hotel Presidente na Baía de Luanda (fig. 28 e 29) em que houve uma troca do *brise-soleil* por uma pele envidraçada. (Guedes, 2011)

Atualmente há um grande investimento no sector da construção por entidades nacionais (estatal e privado) bem como por entidades externas, e tem-se visto o emergir de novas edificações a uma velocidade incrível na cidade de Luanda. Esses investimentos, na sua grande maioria recorrem a empresas e ateliers de outros países para a conceção dos seus projetos, e a maioria é de origem portuguesa e chinesa sendo os projetos bastante variados quanto a sua conceção. (Guedes, 2011)

Os projetos mais comuns são a nível das infraestruturas básicas de apoio (rede viária, saneamento, abastecimento de água potável, gás e energia), em edifícios de escritórios (grandes superfícies, geralmente distribuídos em altura), de habitação coletiva, e de grandes bairros residências. Os edifícios de escritórios caracterizam-se normalmente por grandes superfícies distribuídas em altura, e nestes notam-se as tendências da arquitetura internacional contemporânea quer em termos plásticos, quer na materialidade, onde vemos as grandes fachadas envidraçadas. Estas edificações são implantadas geralmente no centro de Luanda e têm marcado o principal cartão postal da cidade, a Baía de Luanda. (Gourgel, 2012)

Os edifícios de habitação, em geral compartilhados pelo estado fazem parte dos grandes bairros residenciais, geralmente são construções simples, de tipologia unifamiliar isolada, de um piso variando entre T2, T3 (fig30), em termos de materialidade e construção, opta-se mais pelo tijolo, com estrutura armada (pilares e fundações) em ferro e betão, e cobertura em madeira revestida a chapa metálica. Dentro desses bairros encontramos ainda alguns blocos habitacionais, nas quais em termos de tipologias variam também entre T2 e T3, e com a mesma materialidade (fig.31). (Guedes, 2011)



Fig. 27- Ministério das Finanças, Luanda. (www.opais.ao)



Fig. 28- Hotel Presidente antes da reabilitação. (Grilo, 2011)



Fig. 29- Hotel Presidente depois da reabilitação. (Grilo, 2011)



Fig. 30- Exemplo de habitação isolada C.Kilamba, Luanda. (www.portaldeangola.com)



Fig. 31- Exemplo de blocos habitacionais, C.Kilamba, Luanda. (www.kilambanwes.com)

As construções não consolidadas em espaço urbano, correspondem às áreas onde reside a maior parte da população, em particular em áreas suburbanas, com condições muito precárias e baixo nível de habitabilidade, refletindo a pobreza dos seus ocupantes. Essas são edificações que são o resultado da necessidade urgente por parte da população, sem qualquer caráter de permanência ou durabilidade e com grandes carências em termos de infraestruturas de apoio básicas. A permanência e em alguns casos o aumento dessas construções formam focos de insegurança social, insalubridade e doenças (fig. 32). (Guedes, 2011)



Fig. 32- Exemplo de construções não consolidadas em espaço urbano, Luanda. (Guedes, 2011, p. 20)

Essas construções são feitas sem orientação de um profissional, sendo feitas pelos próprios moradores, sem se fazer previamente um projeto, baseando-se no resultado da prática e experiência que conhecem. Os materiais mais utilizados são o tijolo (adobe, blocos de cimento e cerâmico), pedra, ou ainda outros mais diversos como pequenas pedras ou outros materiais aproveitados, por exemplo para aplicação no revestimento de paredes e pavimentos. Para as coberturas, são utilizadas na sua maioria chapas metálicas, simplesmente colocadas sobre as paredes, sem isolamento, e por vezes os vãos não têm portas ou janelas. (Guedes, 2011)

No caso dessas construções, há uma necessidade urgente de apoio a nível de orientação por implementação de projetos de reabilitação urbana, ou outros. É necessário que haja um entendimento de que é possível construir com materiais baratos, como os de origem local, mas atribuindo condições suficientes de

habitabilidade e higiene ao edifício, técnicas e estratégias a nível de construção e arquitetura, que no fundo é o que se tenta provar neste trabalho.

As construções tradicionais atualmente tal como no passado são mais comuns nos espaços rurais onde as

infraestruturas básicas (saneamento, abastecimento de água potável e energia elétrica) ainda não se fazem

muito presentes. Tal como já foi referido essas edificações são dotadas de tecnologias a nível da construção usando material local e de estratégias de adaptação ao clima, o que faz delas referências para prática de uma arquitetura sustentável na atualidade, por serem também mais baratas. Essas construções são geralmente feitas pelos proprietários e o seu estado de conservação depende da duração dos materiais. No caso da madeira e do colmo, quando aplicados sem tratamento e expostos a chuvas, não têm um tempo de duração efetivo muito grande, o que faz com que tenha que ser substituído periodicamente, embora não existam grandes dificuldades para tal devido a disponibilidade desses materiais (fig.33). (Guedes, 2011)



Fig. 33- Exemplo de construções tradicionais. (Guedes, 2011, p. 21)



Fig. 34- Exemplo de construções que seguem princípios tradicionais. (www.redeangola.info)

Nos espaços suburbanos certas construções seguem as tipologias tradicionais, principalmente no que diz respeito à forma, sendo que os materiais aplicados podem ser diferentes, e por vezes esta alteração é suficiente para que haja uma diminuição de desempenho no que diz respeito ao conforto térmico. A chapa metálica, é um dos materiais mais usados nesse tipo de construções, por vezes só nas coberturas e em alguns casos em toda construção, e não são uma boa estratégia, pois por serem aplicadas sem isolamento geram situações de sobreaquecimento (fig. 34). (Guedes, 2011)

Em suma, fazendo uma comparação da arquitetura praticada nos períodos aqui descritos, nota-se que o conceito de projetar com o clima é menos presente atualmente, e embora já existam várias publicações relacionadas com sustentabilidade na arquitetura, o seu uso é

ainda mal interpretado, sendo considerado um risco, ineficiente, demasiado complicado ou caro. (Guedes, 2011)

As tendências da arquitetura internacional em muitos casos são mal interpretadas e há uma necessidade de tomada de consciência que algumas soluções simplesmente não se adaptam ao clima tropical. Por exemplo, o uso excessivo de vidro nas fachadas como podemos verificar em muitas das novas edificações na Marginal de Luanda, obriga a um maior consumo energético para manter os níveis de conforto térmico no interior do edifício. A luta contra uso de dispositivos de controlo climático foi praticamente esquecida, e houve um aumento considerável na sua aplicação nas edificações pelo simples facto de que o conforto climático é pensado apenas no fim e deixado a cargo dos engenheiros.



Fig. 35- Edificações na Marginal de Luanda. Fotografia do Autor

Com base nesse capítulo, o que se pretende exaltar aqui não é um revivalismo do que se fazia no passado pois em termos de materialidade ainda não era muito ecológico, mas sim sugerir uma adaptação desses princípios de projeto às tendências contemporâneas e às vantagens da arquitetura local (materialidade) criando assim uma arquitetura tropical o mais sustentável possível.

3.3- O ensino e as instituições escolares em Luanda | Angola

As instituições de ensino em Angola entre o período colonial à atualidade sofreram muitas mudanças. Primeiramente porque houve algumas mudanças no sistema de ensino antes e depois da independência, e posteriormente deixou de existir um regulamento para construção de instituições escolares.

A história da educação escolar em Angola começou entre os séculos XVI e XVII, embora na altura não houvesse um sistema de ensino com uma estrutura definida a escola era inicialmente destinada para os filhos dos colonos, incluindo os de mulheres africanas (mestiços) e mais tarde para algumas crianças nativas. A partir do fim do século XIX e início do século XX a educação escolar passa a ser sistematizada dentro de moldes organizacionais, muito parecidos aos que estão hoje em funcionamento.

No que se refere à arquitetura, como já foi referido a afirmação do Estado Novo teve grande impacto nas cidades coloniais e no sector educativo foi feito um grande investimento que abrangiam os planos metropolitanos de 1938 e de 1958 para suprir a carência de escolas. Em consequência deste investimento a nível dos estabelecimentos de ensino foram lançadas Normas para a construção de escolas em Portugal em que se faz a defesa de tipologias lineares assentes na organização dos espaços letivos ao longo de um corredor central ou lateral. Nos territórios Ultramarinos as Normas defendem que esse corredor central é substituído por galerias, ao longo da fachada, sendo mais adequado ao clima tropical. (Milheiro, 2012)

Segundo Ana Vaz Milheiro os projetos das escolas no período colonial compreenderam três fases, “uma primeira expressão nacionalista, vinculada ainda à Metrópole através da representação ideal de uma arquitetura evocativa da Mãe-Pátria. Um segundo período de institucionalização desse mesmo imaginário, a que se vulgarizou associar uma arquitetura de cunho estado-novista conseguida mediante a manipulação de uma linguagem historicista e monumentalizada. Finalmente, assumindo o desígnio moderno que normalmente anuncia o nascimento das nações novas” (Milheiro, 2012, p. 415)

Na primeira fase destaca-se o arquiteto José Costa Silva, encarregado de projetar os principais liceus das capitais coloniais, Luanda e Maputo, Deve-se a ele um dos contributos mais importantes para esta nova fase da produção de equipamentos públicos nas colónias portuguesas com o projeto do Liceu Salvador Correia, atual escola Mutu Ya Kevela (fig.36) em 1936, mostrando já uma tentativa de adaptar o edifício ao clima. Neste projeto pode-se observar que nas tipologias desenvolvidas por Costa Silva destacavam-se os pátios fechados e o recurso a simetria axial na disposição do programa e a centralidade dos espaços de direção, administração e representação. Esses pátios eram circundados por galerias que também funcionavam como espaço de recreio coberto e ajudavam a facilitar a ventilação, ainda na tentativa de adaptação ao clima sem esquecer



Fig. 36- Escola Mutu Ya Kevela.

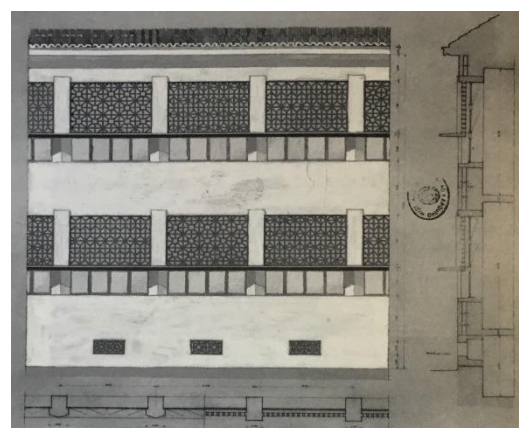


Fig. 37- Estudo dos vãos da Escola Mutu Ya Kevela. (Milheiro, 2012, p. 378)

simultaneamente os valores nacionais portugueses o arquiteto opta por uma solução de vãos inspirada na arquitetura alentejana recorrendo a adufas em cerâmica. Podemos observar ainda a implantação da tradicional torre sineira como marca vertical urbana do liceu. (Milheiro, 2012)

Na segunda metade da década de cinquenta, que corresponde a segunda fase, sobressai uma nova geração de arquitetos que se vai dedicar muito a construções de escolas como Luís Possolo e Fernando Schiappa de Campos, José Manuel Zilhão, pertencentes ao Gabinete de Urbanização do Ultramar (GUU) (com José António Aguiar como diretor), e com eles uma mudança nas Normas e na linguagem arquitetónica de tais instituições. Normas estas que consistem em definir apenas programas-bases gerais sem conter disposições muito rígidas que retirem o interesse do trabalho do arquiteto ou restringir a importância dos seus estudos, embora ainda se insista na linguagem monumental. Dentre essas obras em Luanda podemos destacar o Instituto Médio Industrial de Luanda de 1952, mais conhecido por Macarenco e anteriormente conhecido por Escola Comercial e Industrial de Luanda em que se pode notar que há uma conjugação das correntes estilísticas tradicionais com uma estrutura dinâmica decorrente da organização funcional em planta sem recorrer a simetrias. A torre que marca a entrada principal é uma demonstração deste paradoxo, pois é um elemento tradicional e estilisticamente futurista (Milheiro, 2012). Quanto a estratégia nota-se que o arquiteto optou pela ventilação cruzada a nível inferior e superior dos compartimentos, embora atualmente os blocos decorativos dos vãos superiores estão tapados por janelas de vidro no interior como podemos ver na figura 39. Podemos ainda notar que os pátios e zonas de recreio já não são fechados permitindo uma comunicação entre os diferentes espaços abertos.



Fig. 38- Escola Comercial e Industrial de Luanda. (Milheiro, 2012, p. 386)

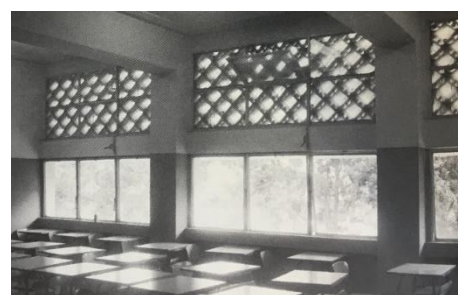


Fig. 39- Uma das Salas da Escola Comercial e Industrial de Luanda. (Milheiro, 2012, p. 390)

Numa terceira e última fase, que corresponde à década de sessenta, o GUU passa a ser designado por Direção de Serviços de Urbanização e Habitação (DSUH), coincide com uma época que houve uma menor solicitação de projetos escolares, mas a nível estético coincide com a entrada definitiva de um léxico moderno nas escolas projetada em que se sobressaem os arquitetos como Manolo Potier, Francisco Rodrigues, Sabino Correia e

também Vasco Vieira da Costa. Destes projetos podemos destacar a atual escola Ngola Kiluanje, antes conhecida como Liceu Nacional Paulo Dias de Novais (fig.41) projetada por Sabino Correia, em que o arquiteto privilegia uma ideia de unidade seguindo princípios da Bauhaus, implantando três blocos longitudinais de três pisos assentes sobre pilotis, onde estão as salas de aulas e orientados a Norte, intercetados por um bloco transversal. Nas fachadas embora mais simples, podemos notar que também existe uma preocupação em proporcionar ventilação cruzada e proteger os vãos orientados à Norte.

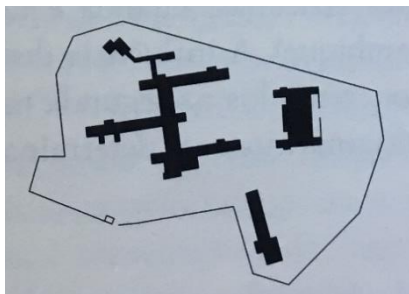


Fig. 40- Implantação da Escola Ngola Kiluanje. (Milheiro, 2012, p. 371)

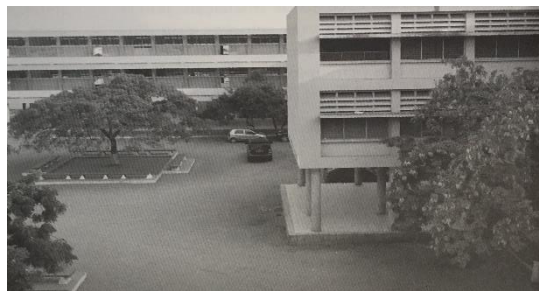


Fig. 41- Escola Ngola Kiluanje. (Milheiro, 2012, p. 414)

Atualmente essas escolas e liceus pertencem ao Estado Angolano e encontram-se ainda em funcionamento na sua maioria e foram até à década de 90 a base do ensino, embora algumas muito degradadas e outras readaptadas passando de liceus a escolas de ensino básico. No processo de readaptação foram implementadas em alguns aparelhos de ar condicionado e os vãos de ventilação cruzada superiores na sua maioria foram fechados, acreditando-se que seja devido ao elevado índice de poeira existente na cidade de Luanda que passa para o interior das edificações.

Com a independência, como já foi referido, a guerra civil teve grande impacto, e no setor educativo em Luanda muitas escolas ficaram degradadas, e com o aumento significativo da população nesse período, passou a existir uma grande carência de espaços de ensino. Em consequência disso, na década de 90 começaram a surgir algumas instituições privadas para suprir tal carência, em que algumas delas eram o reaproveitamento de habitações da era colonial e construídas sem seguir um regulamento específico, como foi o caso do colégio Henriques Xavier e o colégio Colina do Sol (fig.42). Com a reforma educativa em 2001, o Estado Angolano incentivou o investimento privado no setor educativo fazendo com que surgissem cada vez mais instituições privadas, em que na maioria dos casos não ofereciam as condições espaciais necessárias para o ensino, mesmo quando construídas de raiz. No entanto a construção de escolas públicas recomeçou a partir de meados da primeira década do século XXI, sendo a maioria delas localizadas nas áreas urbanas com construções não

consolidadas apoiando a população mais carenciada e também nos grandes projetos de urbanizações habitacionais como é o caso da Centralidade do Kilamba (fig.43).

Com a reforma educativa de 2001, ficou estabelecido que o ensino básico passaria a ser constituídos por três ciclos: o 1º ciclo da 1ª à 4ª classe, o 2º ciclo da 5ª à 6ª classe e o 3º ciclo da 7ª à 8ª classe. Este último no ano de 2006 passou a albergar também a 9ª classe.



Fig. 42- Colégio Colina do Sol. Fotografia do Autor

No que se refere a arquitetura tal como nos outros tipos de construção já acima mencionadas, as escolas e colégios construídos em áreas urbanas com construções consolidadas oferecem melhores condições que as construídas em áreas com construções não consolidadas, embora em relação as feitas no período colonial de uma forma geral tenham regredido.



Fig. 43- Escola pública na Centralidade do Kilamba. (www.kilambanews.com)

Na figura 44 podemos observar um colégio situado numa zona de construções não consolidadas conseguindo-se notar a precariedade da qualidade do projeto e da construção. Na figura 45, um colégio em zona de construções consolidadas (Talatona), sendo um dos mais caros do país e embora a qualidade da construção seja melhor, nota-se que as estratégias de adaptação ao clima são quase nulas, e em ambos os casos os espaços de recreio são muito reduzidos, visto que são instituições de ensino básico. Na figura 46 observa-se uma escola pública, construída no Sambizanga, e percebe-se que do ponto de vista arquitetónico já existe uma melhor adaptação ao clima optando-se por coberturas ventiladas e a tentativa de ventilação cruzada a nível superior e inferior, embora a orientação das salas seja duvidosa e os materiais usados (betão e alvenaria de) pouco



Fig. 44- Colégio em zona urbana de construções não consolidadas. (www.opais.ao)



Fig. 45- Colégio Angolano do Talatona. (www.norafrica.ao)



Fig. 46- Escola pública no Sambizanga. (www.total.co.ao)

sustentáveis.

Esta análise permite perceber que as instituições públicas em Angola apesar do pouco investimento, no geral procuram mais a adaptação ao clima em relação às instituições privadas. Percebe-se também que em muitos casos abdica-se muito dos espaços abertos e de recreio, o que podemos considerar negativo pois têm influencia direta sobre o rendimento dos estudantes nas mesmas. A solução criada para resolver as carências de espaços de ensino em Angola, incentivando as instituições privadas seria muito mais eficaz se fosse controlada por um regulamento que estabelecesse as condições mínimas para uma instituição escolar.

4- Casos de Estudo

Na sequência dos pressupostos referidos nos capítulos anteriores, a seleção dos casos de estudo tiveram como critérios, nomeadamente, o contexto climático em que se inserem (clima tropical), o programa escolar, as estratégias usadas na solução inteligente e passiva, e a sustentabilidade a nível dos materiais. Tendo em conta esses critérios os projetos selecionados como casos de estudo foram os seguintes: Escola Portuguesa em Benguela de Jorge Figueira e a Escola secundária em Gando (Burkina Faso) de Diebédo Francis Kéré.

4.1- Escola Portuguesa de Benguela (cinco Áfricas, cinco escolas)

A Escola portuguesa de Benguela é um projeto do arquiteto e professor português Jorge Figueira da Universidade de Coimbra. O projeto foi desenvolvido no âmbito da representação portuguesa na Bienal de Arquitetura de São Paulo de 2009 intitulada ‘Cinco Áfricas, Cinco escolas’, que compreendia cinco projetos de edifícios escolares em cada um dos países Palop (Cabo-Verde, Guiné Bissau, São Tomé, Angola e Moçambique), sendo caracterizados pela sua grande qualidade arquitetónica, pela adaptação aos respetivos locais, e sustentabilidade no que toca a manutenção futura e de resposta, quer social quer ambiental. (Ministério da Cultura / Direção Geral das Artes, 2009)

O projeto, ainda por construir, ficará localizado a sul da província de Benguela e fará parte do futuro condomínio residencial “Salinas Village”, projeto este que está sobre a responsabilidade de construção da empresa Mota-Engil e da imobiliária Propar. O traçado do condomínio é baseado numa grelha uniforme de ruas alongadas, com direção Norte-Sul, na qual o loteamento prevê o equipamento escolar no “centro de gravidade” do conjunto, embora seja implantado relativamente isolado no respetivo lote.



Fig. 47- Condomínio Salinas Village, localização da escola.

Este programa de equipamento escolar prevê a incorporação de um jardim de infância, 1º, 2º e 3º ciclos de ensino e respetivos equipamentos de apoio desportivo e de recreio, sendo destinada para uma população para mais de quinhentos alunos.

O arquiteto implantou o edifício de modo a respeitar a malha urbana, seguindo o traçado da mesma, distendendo-o igualmente na direção Norte-Sul. A proposta aponta, assim, duas alas

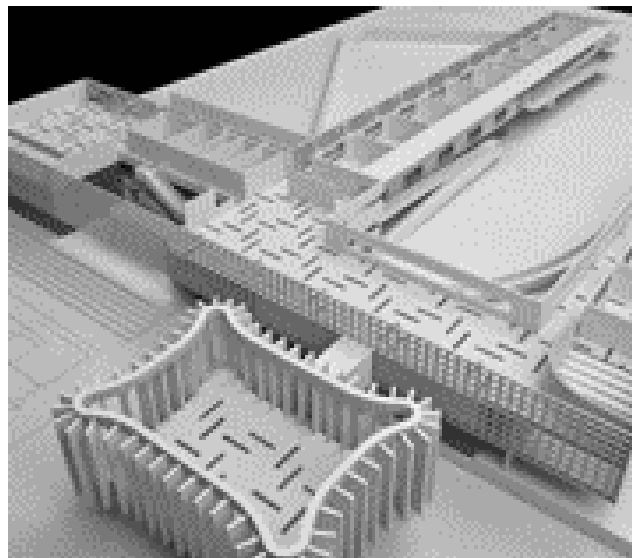


Fig. 48- Representação da direção dos ventos dominantes. (Ministério da Cultura / Direção geral das Artes, 2009, p. 124)

principais (configurando dois esquemas em L, justapostos e distribuídos por três níveis): uma ala de menor dimensão, destinada ao jardim de infância e ao 1º ciclo; outra, mais extensa, englobando áreas para os 2º e 3º ciclos, e serviços de apoio geral (secretaria, gabinetes e encontros). Deste modo, nos 'braços' mais longos do conjunto, alinham-se, em extensos corredores, as salas de atividade infantis e as salas de aula dos restantes ciclos; já nos braços mais curtos, desenhados em continuidade espacial, concentram-se, sobretudo, as áreas comuns: refeitórios e bar (Nível 0); balneários de apoio ao ginásio (Nível 1); e, ainda, a biblioteca e a sala de professores (Nível 2). Os braços maiores ajudam a conter os pátios de acesso e de recreio, ambos voltados a sul, enquanto, na frente norte, o ginásio e o campo de jogos descoberto assumem um lugar próprio, destacado de ambas as alas, embora mantendo uma ligação próxima ou umbilical com o conjunto. (Ministério da Cultura / Direção Geral das Artes, 2009)

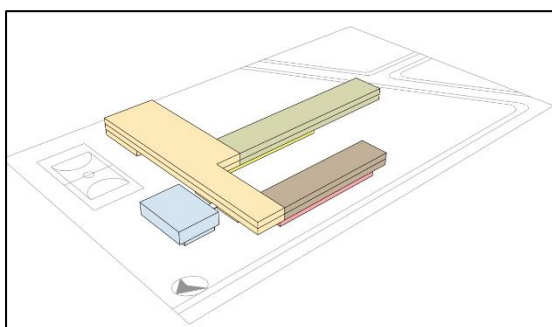


Fig. 49- Diagrama com distribuição do programa.

- Serviços comuns e de apoio
- Jardim de Infância
- 1º Ciclo
- 2º e 3º ciclos
- Ginásio

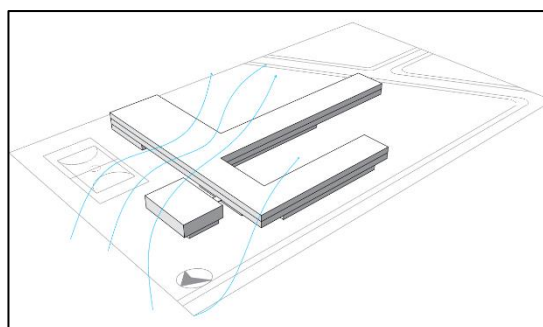


Fig. 50- Representação da direção dos ventos dominantes

Fortemente inspirado pela arquitetura moderna praticada nas escolas de Luanda e Lobito no período colonial, um dos elementos que mais se destaca no edifício são as grelhas moduladas e prefabricadas nas fachadas que procuram garantir o sombreamento e a ventilação transversal nos pisos superiores, pois estão voltadas de forma a aproveitarem a principal direção dos ventos dominantes na região (Nordeste). Essas grelhas localizadas na fachada Norte (fig. 48), na fachada sul (piso térreo) (fig. 52) e na fachada em L que contorna o pátio de acesso (fig. 51), têm desenhos tridimensionais diferentes que remetem a padrões usados na arquitetura moderna, e para além da sua função contribuem muito na componente estética do edifício.

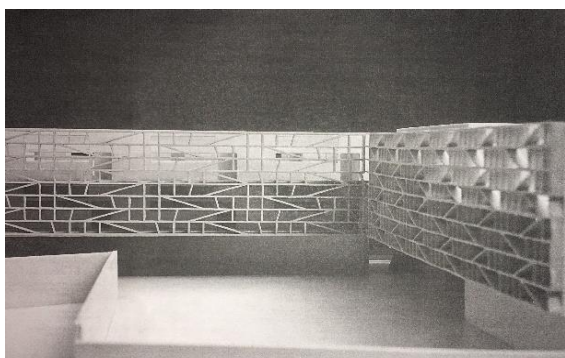


Fig. 51- Fotografia da maquete, Fachada em L que contorna pátio de acesso. (Ministério da Cultura / Direção geral das Artes, 2009, p. 131)

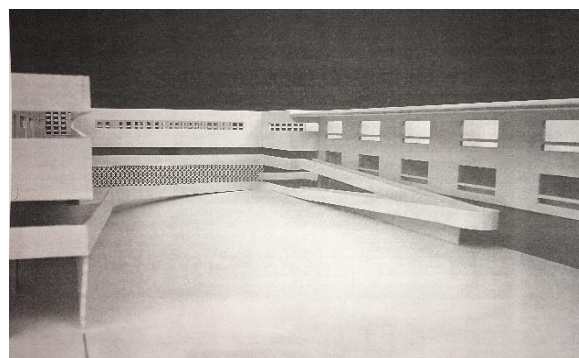


Fig. 52- Fotografia da maquete, pátio de recreio. (Ministério da Cultura / Direção geral das Artes, 2009, p. 131)

No entanto, este caso de estudo é muito elucidativo para este trabalho em vários pontos, pois é muito bem-sucedido na organização do programa em que consegue de forma eficaz separar os alunos de ciclos, e logo, de idades diferentes conseguindo ao mesmo tempo dar uma continuidade entre os espaços comuns da escola. Nota-se a forte intenção de adaptar o edifício ao clima, primeiramente orientando-o de forma inteligente e usando estratégias para garantir uma ventilação eficaz no interior do edifício e a proteção dos vãos das salas que estão orientados a Poente e a Nascente. Embora não sejam revelados os materiais de construção usados, estamos diante de um edifício com soluções passivas e sustentável.

4.2- Escola Secundária em Gando

A escola secundária em Gando, é um projeto de autoria do arquiteto Diébédo Francis Kéré. Nascido na mesma localidade, o arquiteto fez a sua formação em Berlim na *Technical University of Berlin*. O seu trabalho é muito reconhecido e já foi alvo de vários prémios internacionais de arquitetura, primeiramente pela sua componente sustentável no que toca materialidade, custos de construção e estratégias usadas, combinadas com um design visualmente atrativo, e pelo impacto social que muitos dos seus projetos têm, promovendo equipamentos de ensino para algumas aldeias do seu país tendo como mão de obra os próprios habitantes das mesmas.

A Escola Secundária, ainda em construção, está localizada numa das planícies do sul de Burkina Faso, a cerca de 200 km da capital Ouagadougou, e tem como objetivo proporcionar educação aos habitantes de uma área rural com aproximadamente três mil habitantes que apenas possuía uma escola primária também projetada por Francis Kéré. O projeto ocupa uma superfície de 3.800 m² e está constituído por doze salas de aula

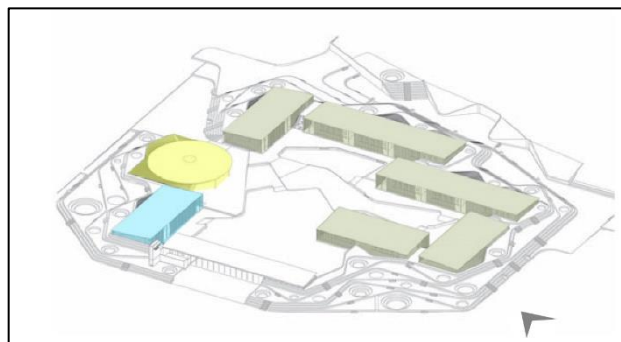


Fig. 53- Modelo tridimensional, distribuição do programa

- Salas de aula
- Livraria
- Administração

distribuídas em cinco edifícios ao redor de um pátio central, uma livraria num edifício circular que se destaca dos demais, um edifício administrativo e dois campos para prática de desporto (fig. 53). Este pátio central tem uma variação de cotas criada pelo arquiteto que o permitiu “esculpir” os assentos para os alunos ao longo do mesmo aproveitando também a cota de soleira que devem ter os edifícios (fig.54 e 55).



Fig. 54- Pátio central. (www.inhabitat.com)



Fig. 55- Pátio central /edifício da livraria. (Lafarge Holcim Foundation, 2012, p. 170)

Sendo guiado pelos princípios da sustentabilidade, Francis Kéré procura sempre usar os materiais locais e de mais fácil acessibilidade nos seus projetos, e para este usa a terra propondo uma construção em Taipa, fazendo as paredes individualmente usando cofragens metálicas e preenchidas com argila, cimento, cascalho e cal. Embora tenham forma curva as paredes são muito estáveis e rígidas. Os lintéis e juntas entre as paredes são em betão (fig. 56). Este tipo de técnica é de custo muito baixo e é produzida pelos locais sobre orientação de um técnico, conseguindo fabricar no espaço de dois dias, três cofragens preenchidas. A cobertura dos edifícios é feita em chapa de zinco, por ser um material barato, sobre uma estrutura metálica. A madeira usada na construção é toda proveniente das árvores de eucalipto da região que são substituídas por mangueiras, pelo facto de consumirem menos água, proporcionam uma melhor sombra e produzem fruta.



Fig. 56- Fotografias da escola em construção. (Lafarge Holcim Foundation, 2012, p. 14)

Burkina Faso é um país em que no verão as temperaturas podem atingir os 35°, o que para Francis Kéré foi um fator de desafio na conceção do projeto. Para garantir o conforto ambiental no interior das edificações, para além do material usado que já proporciona uma boa inercia térmica, foram usadas técnicas para baixar as temperaturas no interior dos compartimentos. Um embasamento geral em socacos, feito de terra, é modelado sobre o terreno geral onde assenta a escola e de onde sobressaem as paredes exteriores, é coberto com vegetação e sombreado pelas mangueiras. Esta terra é mantida permanentemente húmida com água da chuva coletada em cisternas subterrâneas, visto que Burkina Faso por vezes pode obter chuvas muito fortes. O vento quente agora flui através de aberturas na colina fria e é filtrado e resfriado no processo. O ar flui então através de tubos subterrâneos

em direção às salas de aula e é resfriado ainda mais no processo. Finalmente, nas salas de aula ele sobe como uma brisa fresca, inicialmente ainda húmida. A sucção é criada pelo movimento do ar no espaço entre o revestimento do telhado inclinado e o teto - este ar é aquecido pelo sol, expande-se e flui para o exterior sendo substituído, através de uma abertura no teto o ar novo que entra através do pavimento (fig.63). Com o uso deste conjunto de técnicas acredita-se que os compartimentos interiores podem adquirir temperaturas entre 6°C à 8°C menores em relação ao exterior. (Lafarge Holcim Foundation, 2012, p. 11)

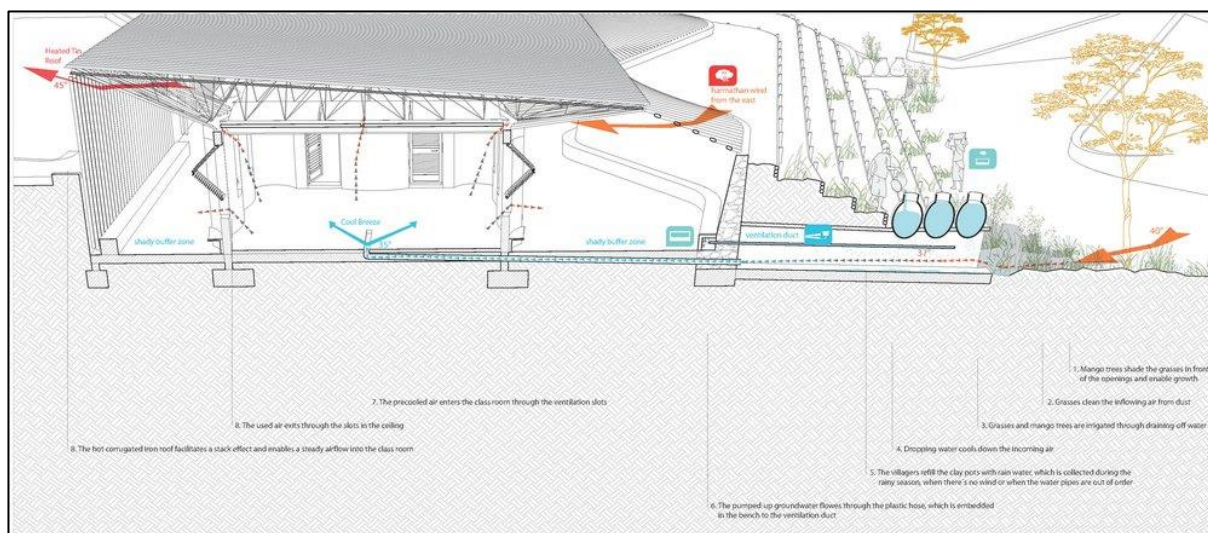


Fig. 57- Corte diagramático com sistema de ventilação. (www.aeccafe.com)

Este projeto ganhou o prémio *Holcim Awards* em 2011, e foi muito importante e de forte inspiração para o desenvolvimento deste trabalho, pois embora esteja implantado num contexto rural permitiu perceber como por em prática uma série de estratégias para se desenvolver um projeto sustentável em climas tropicais.

5- Proposta: Escola de ensino básico (Urbanização Jericó)

5.1- Urbanização Jericó

Numa fase em que o país tem feito um grande investimento no ramo da habitação, em Luanda têm surgido vários projetos de grandes bairros residenciais e condomínios privados que na sua grande maioria estão localizados na parte sul.

A Urbanização Jericó é um projeto residencial com 223.913m² de caráter privado, da empresa de construção civil Jefran localizado na parte sul de Luanda à 2Km da Via expresso. O projeto compreende habitações de baixa renda de tipologia T3 e T4 num total de 504 habitações, em que 409 são T3 e 95 são T4.

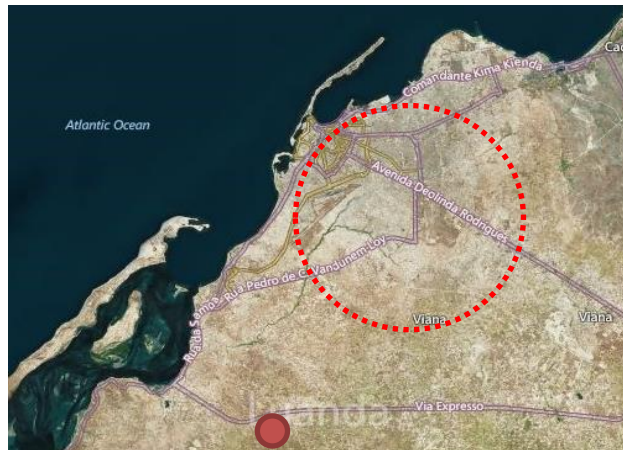
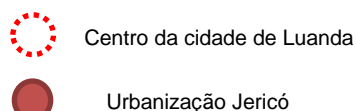


Fig. 58- Localização da província de Luanda.



As habitações são térreas, construídas em betão e foram projetadas de maneira a dar possibilidade a cada proprietário de acrescentar um piso a mesma. Atualmente está projetada e em construção a primeira fase de duas que o projeto vai albergar. Para além das habitações a urbanização tem alguns espaços destinados a estabelecimentos comerciais e a uma escola de ensino básico.



Fig. 59- Localização Urbanização Jericó

No que se refere ao plano urbano, tal como acontece em muitos projetos de género em Angola, pode constatar alguns aspetos menos positivos que o tornam muito pouco sustentável, nomeadamente, há uma carência de espaços verdes e de lazer, não existe uma hierarquia bem estabelecida entre os diferentes arruamentos e na distribuição dos serviços, e a orientação das edificações não são favoráveis ao clima. O espaço destinado para a escola de ensino básico é insuficiente obrigando a fazer um edifício com muitos pisos para cumprir o programa, sobrando assim pouca área para espaços livres e recreios.

Visto que a temática do trabalho em causa ronda em torno da sustentabilidade, sugiro propor uma melhoria ao plano urbano nos aspetos acima mencionados e propondo como poderá ser organizada a segunda fase do projeto. Quanto à circulação rodoviária procurei criar uma hierarquia de arruamentos propondo um eixo principal de circulação que permite percorrer a urbanização desde a via de acesso (via secundária oriunda da via expresso) à outra extremidade. Deste eixo principal tem-se acesso aos arruamentos mais locais e há uma via transversal secundária, com dimensão exagerada, agora reduzida e ladeada com lugares de estacionamento. Esta via secundária que funciona como um eixo norte-sul permite o acesso a arruamentos locais e é onde estão localizados alguns estabelecimentos comerciais e o jardim.

Para a implementação de espaços verdes sugiro a remoção de algumas habitações para os inserir, começando por quebrar os grandes quarteirões com jardins que também facilitam a circulação pedonal. O eixo principal é arborizado em toda sua extensão e o acesso ao arruamento principal pelos arruamentos terciários é quebrado por um corredor verde e arborizado paralelo a mesma, ajudando assim a quebrar os ruídos dela provenientes. Por fim, sentiu-se a necessidade de sugerir um parque urbano com o intuito de funcionar como um pequeno pulmão para a zona.

O novo espaço destinado a escola de ensino básico com 10.655 m² foi pensado de forma a estar localizado num ponto central para não estar muito distante das habitações e no eixo principal para um acesso mais facilitado, pois prevê-se que não servirá apenas a Urbanização Jericó.

Contudo, com a reflexão feita na proposta do novo plano urbano consegue-se perceber que apesar de ser prioridade criar habitação, criar condições sustentáveis para uma boa vivência são igualmente importantes pois evitarão uma série de transtornos.

Plano Urbano Antigo

Plano Urbano Novo

5.2- Projeto

5.2.1- Programa

O programa para a escola da Urbanização Jericó foi pensado de forma a suprir as necessidades básicas dos utentes, nomeadamente, alunos, professores e demais trabalhadores e visitantes. Em Angola atualmente não existe uma regulamentação para construção de escolas, portanto, o programa aqui exposto foi baseado nos regulamentos de Brasil e Portugal, que procurei adaptar ao nosso contexto e sistema de ensino. A Urbanização Jericó prevê uma escola de ensino básico com capacidade para albergar aproximadamente 1700 alunos, contando que funcionará em dois turnos, manhã e tarde.

Sector	Espaços	Quantidade	Área (m²)
Administrativo	Sala da direção	1	12
	Secretaria	1	20
	Recepção	1	12
	Sala de reuniões	1	35
	Sala de arquivos	1	5
	Sala de professores	1	50
Pedagógico	Sala de Aulas para 30 alunos	27	48
	Sala de estudo/Biblioteca	1	100
Vivência e assistência	Refeitório	1	155

	Instalações sanitárias (alunos)	12	22
	Instalações sanitárias (professores)	1	15
	Papelaria	1	12,5
	Campo multidesportivo	1	486
	Horta	1	380
	Parque de estacionamento	23 lugares	
Serviços Gerais	Cozinha e arrumos	1	70
	Sala de funcionários	1	13
	Vestiário de funcionários	1	9
	Deposito de resíduos sólidos	1	9
	Depósito de material didático	1	16
	Lavandaria / Material de limpeza	1	9
	Guarita	1	8

Tabela 2- Programa da Escola e respetivas especificações

5.2.2- Implantação

A escolha do local, a possível forma e a orientação do edifício são as primeiras opções a considerar para a otimização da exposição ao trajeto solar e aos ventos dominantes, por forma a tirar o máximo proveito do clima e para proporcionar uma boa vivência aos futuros utentes. Para uma melhor eficiência no funcionamento da escola, definiu-se que o 1º ciclo estaria separado do 2º e 3º ciclos, devido a diferença de idades das crianças, sendo que o 1º ciclo, com doze salas de aula, está compreendido em dois blocos e o 2º e 3º ciclos com quinze salas de aula, igualmente compreendido em dois blocos. Os serviços administrativos e o refeitório são implantados num ponto central, fazendo a ligação com um dos blocos de cada ciclo. Os edifícios têm todos dois pisos para um melhor enquadramento com a envolvente.

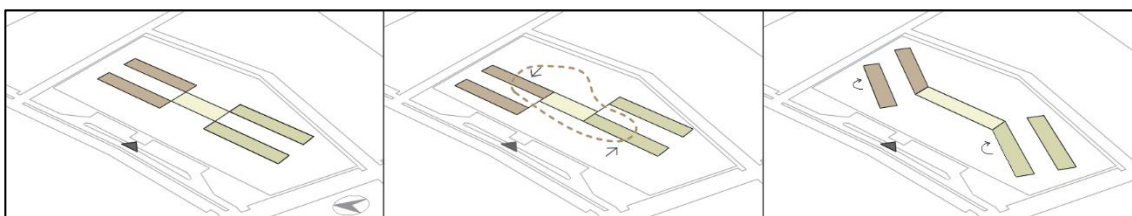


Fig. 60- Diagrama explicativo do processo de distribuição do programa

Os recreios e os espaços abertos foram também distribuídos consoante os ciclos, tendo sido implantados entre os blocos dos mesmos uma área de recreio para cada um deles, embora ambos tenham acesso direto a um pátio maior comum na entrada principal, que funciona também como ponto de largada e recolha dos alunos. O campo multidesportivo é implantado num espaço aberto a sul que resulta da configuração do edificado e tal como o pátio principal tem acesso direto às áreas do 1º e 2º/3º ciclos.



Fig. 61- Perspectiva geral do projeto

Quanto à orientação, procuraram-se priorizar as salas de aula a 20º a partir de Norte, possibilitando o sombreamento da fachada que mais recebe sol e aproveitamento ao máximo a luz natural bem como a exposição direta às variantes das direções dos ventos (fig.65). O bloco central com implantação paralela ao eixo do arruamento principal, embora esteja também favorável aos ventos, está mais exposto à exposição solar de ângulo baixo.

Para solucionar este problema decidiu-se criar uma grelhagem ou segunda fachada com blocos decorativos com o intuito de proteger o edifício da exposição solar e possibilitar a circulação do ar nos compartimentos e nos pátios cobertos, para uma melhor ventilação e arejamento.

Os espaços verdes foram distribuídos com o intuito de melhorar o conforto térmico e acústico no interior da escola. As áreas mais arborizadas são as mais próximas dos limites da escola para quebrar o ruído proveniente das ruas, em que tem maior densidade no lado da rua principal onde existe maior tráfego e no eixo Nascente-Poente para ajudar a quebrar a exposição solar direta tanto nos edifícios como nos espaços abertos. A Norte de cada edifício foram implantados espaços verdes para baixar a temperatura dos ventos que vêm desta direção, ajudando assim a reduzir as temperaturas no interior dos edifícios.

Os muretes dos arranjos exteriores servem de assentos de apoio a escola, estando distribuídos ao longo dos espaços abertos e recreios. E também são o resultado da necessidade de existir uma cota de soleira nos edifícios para prevenir as inundações. Em consequência disso decidimos ainda modelar o terreno aproveitando as diferenças de cotas para fazer os assentos e inclusive as bancadas do campo multidesportivo, resultando assim, numa modelação de terreno agradável.



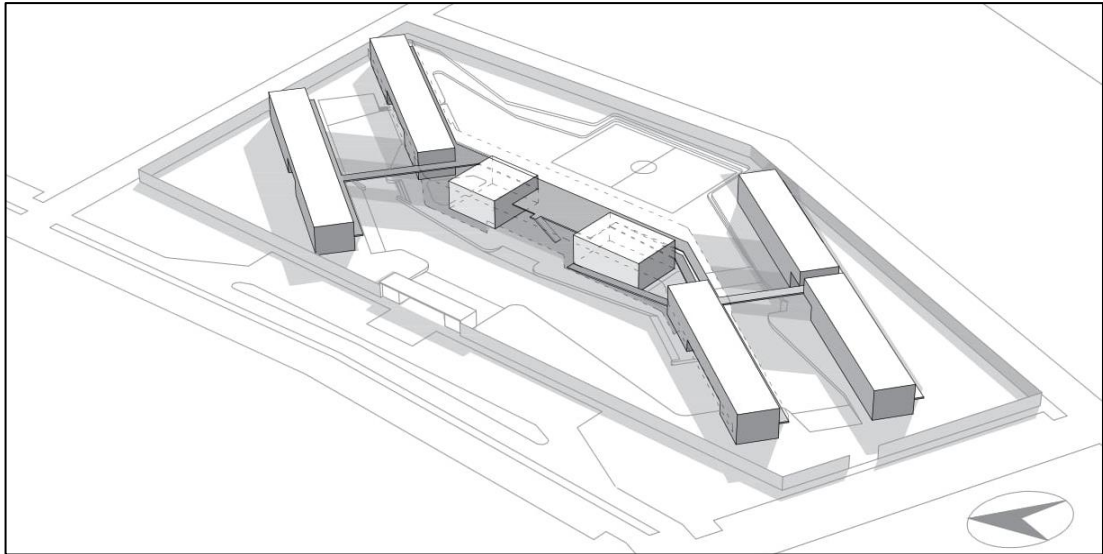


Fig. 63- Variação das Sombras

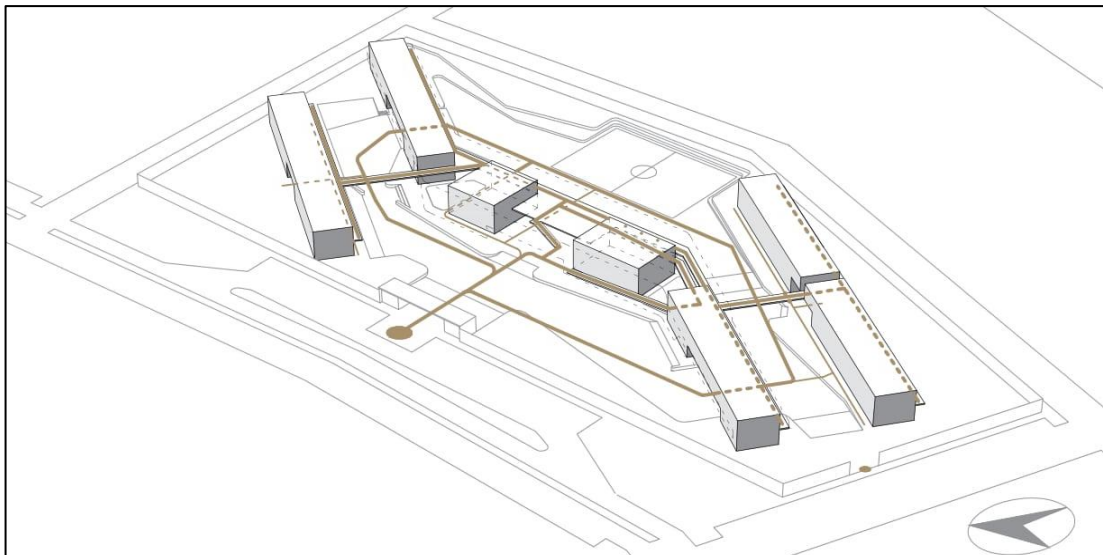


Fig. 64- Circulação

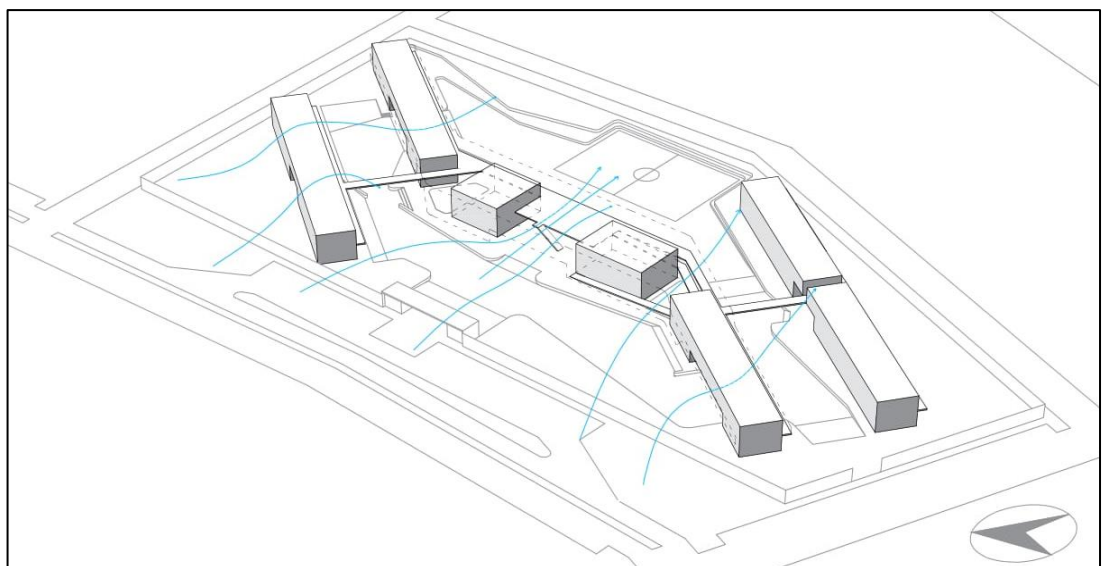


Fig. 65- Direção dos ventos dominantes

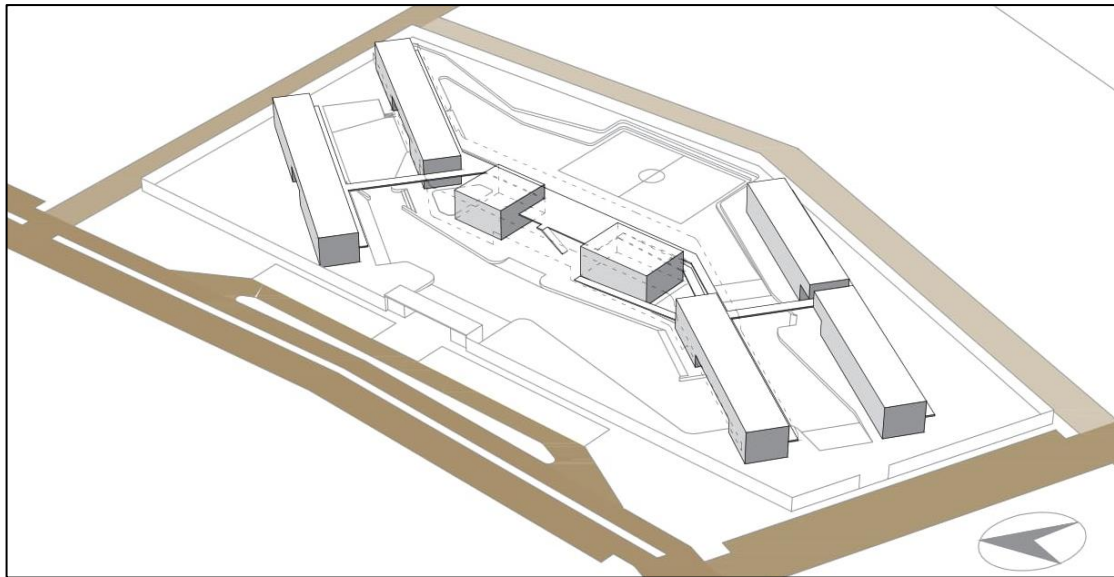


Fig. 66- Fluxo rodoviário

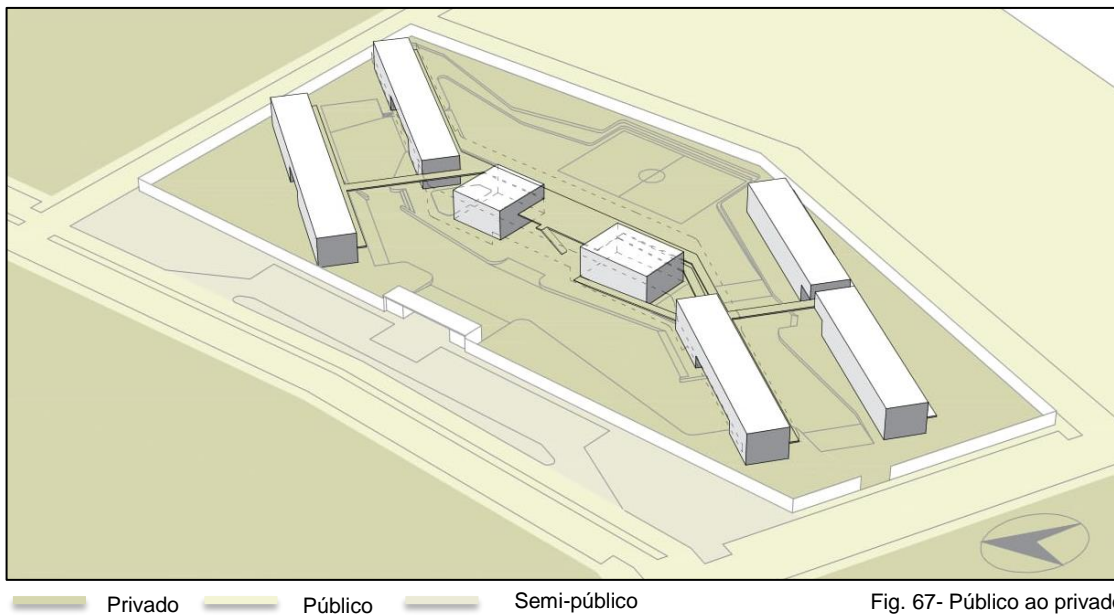


Fig. 67- Público ao privado

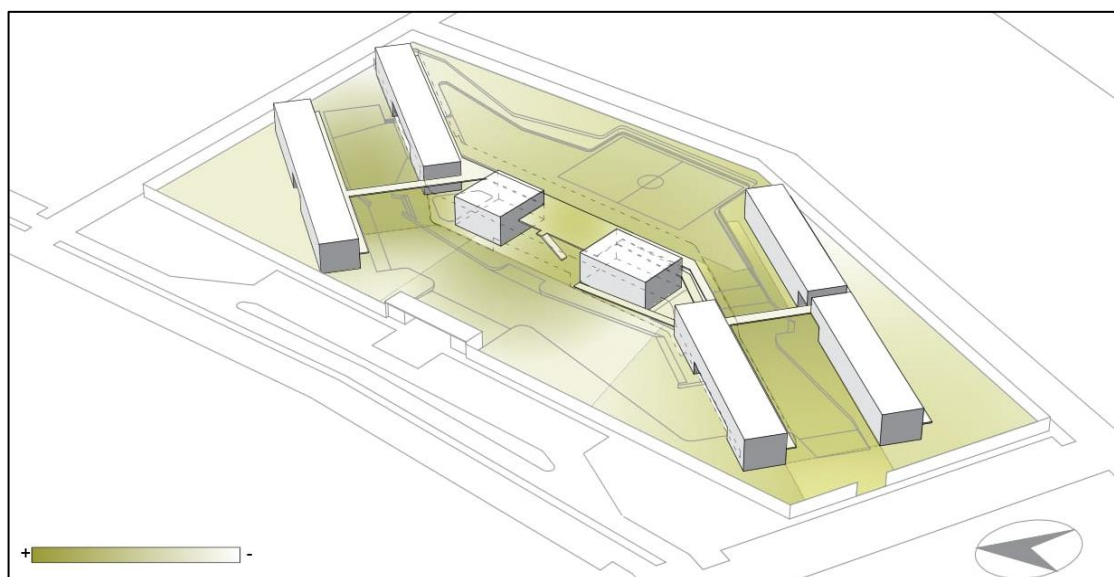


Fig. 68- Zonas de Permanência

Implantação

5.2.3- Plantas

Após uma implantação feita seguindo os critérios das estratégias de projetos sustentáveis em clima tropical, a distribuição interior dos espaços seguiu o mesmo critério. Como já referido, a escola está dividida em cinco blocos, nomeadamente, dois para o 1º ciclo, dois para 2º e 3º ciclos e um bloco central, sendo que este último está ligado a um dos blocos do 1º ciclo e um dos blocos de 2º e 3º ciclos.

5.2.3.1- Piso 0

A nível do piso 0, no bloco central, existe um pátio coberto com pé direito duplo em certo ponto, onde encontramos as escadas de acesso ao piso superior e que é limitado pelo edifício onde se encontra o refeitório e cozinha, e pelo edifício do sector administrativo em que no piso em causa encontramos a receção, sala de arquivos, secretaria, papelaria, sala da direcção e depósito de material didático. Tal distribuição foi assim concebida perto da entrada, por serem os compartimentos mais frequentados pelos visitantes e encarregados de educação.

Nos espaços entre o bloco central e os edifícios conectados ao mesmo, foram implantados dois espaços verdes e arborizados, que para além da sua função a nível de conforto térmico já referida, funciona também como espaço de passagem (em que a este encontramos uma rampa de acesso ao piso superior) e contemplação.

Os blocos conectados ao bloco central no piso 0 são vazados, permitindo assim a ligação entre todos os espaços abertos e recreios, e no bloco do 1º ciclo foi implantada a sala de estudos/biblioteca, e no bloco do 2º e 3º ciclos os compartimentos de apoio aos funcionários, nomeadamente, sala de funcionários, vestiário, lavandaria/depósito de material de limpeza, e o compartimento dos resíduos sólidos. Cada um desses blocos neste piso possui ainda instalações sanitárias e escadarias de acesso ao piso superior.

Os edifícios adjacentes são vazados em que no 1º ciclo permite o acesso à horta, e encontramos apenas salas de aulas e duas escadarias de acesso ao piso superior em cada um.

5.2.3.1- Piso 1

O piso superior foi concebido com o intuito de albergar a maior parte do setor pedagógico contendo a maior parte das salas de aula. No bloco central é implantado um pátio coberto que forma um mezanino com a intenção de dar continuidade ao que existe no piso inferior, e nos edifícios que o limitam encontramos o piso superior do refeitório, no outro edifício a sala de professores, sala de reuniões e uma instalação sanitária de apoio aos professores.

A nível deste piso procurou-se fazer a ligação entre todos os blocos usando pequenas pontes com a intenção de garantir o acesso a todas as salas de aulas para alunos e trabalhadores com mobilidade reduzida, visto que a única rampa de acesso ao piso superior encontra-se no bloco central.

.

Planta piso 0

Planta piso 1

Planta cobertura

5.2.4- Tipo de construção e análise

A escolha dos materiais de construção para o projeto, bem como as respectivas quantidades e qualidades, teve como princípios o custo de fabricação, a localidade, a quantidade de emissão de CO₂ produzida na sua fabricação e o preço, visto que a Urbanização Jericó é um projeto de baixa renda, ou seja, aplicamos nessa escolha os princípios da sustentabilidade ambiental e o mínimo custo.

O projeto será executado em alvenaria de adobe compactado (fig. 69) com 5% de cimento (25x12,5x10 cm) enformado no molde e comprimido pela máquina que o torna mais compacto. Analisando o clima local e as disponibilidades dos materiais, escolhemos o adobe (BTC) devido à boa qualidade da argila na região e mesmo no próprio local, o que baixa os custos da construção, reduz o custo da mão de obra, pois não necessita de ser especializada, é corrente, e tem dado e continua a dar garantias de duração, conservação e de longo período de vida.

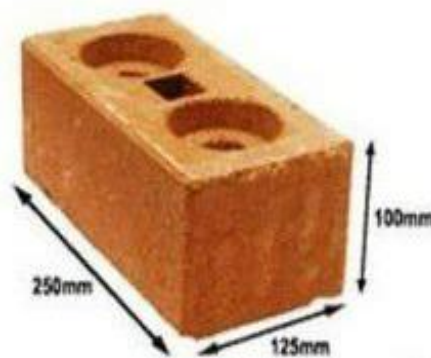


Fig. 69- Bloco de BTC

O seu acabamento pode ficar à vista, ou rebocado com uma argamassa feita com argila e palha de arroz, à qual se adiciona uma quantidade de 5% de cimento ou de cal hidráulica, que constitui uma proteção extra contra as chuvas e eventuais patologias.

A estrutura é feita em betão armado, com pilares de 0,25x0,25 m com um vão de 3,7m e sapatas de 0,80x0,80m e cerca de 1,0 m de profundidade. A parte superior dos vãos é reforçada com vigas de madeira que são revestidas com uma Rede de capoeira para garantir a fixação da argamassa de reboco e a proteção da própria madeira dos agentes xilófagos. As platibandas são feitas também com blocos de adobe e reforçadas com uma viga de betão armado.

Os blocos decorativos que revestem grande parte das fachadas dos edifícios serão feitos em adobe compactado, tendo que se fabricar os moldes pois foram concebidos para este projeto em particular. As paredes totalmente feitas em blocos decorativos (localizadas no bloco central) são reforçadas com pilares de madeira na parte interior do edifício, com uma distância de cinco metros entre elas.

Por fim, as coberturas são feitas em chapa de zinco, por ser um material facilmente encontrado em Angola e de baixo custo. A cobertura no bloco central tem a particularidade de ter uma estrutura com ripas metálicas e as claraboias são feitas com chapa translúcida

5.2.5- Tipo de acabamentos e análise

Os materiais selecionados para os acabamentos da escola tiveram os mesmos princípios que os da construção. As paredes são revestidas com uma argamassa feita com argila e palha de arroz e as faces interiores e as paredes orientadas a Poente e Nascente são pintadas de branco, no ultimo caso funciona como revestimento reflexivo das paredes mais expostas às radiações de angulo baixo.

Os pavimentos interiores são feitos com massame afagado com argila e 15% de cimento e nas áreas húmidas serão revestidos com mosaico, bem como as suas paredes, para proteger das águas de lavagem. O Pavimento exterior será feito em massame de argila e 25% de cimento, ao qual se adiciona uma percentagem de areia tida como conveniente para a qualidade da argila. A maioria da área será revestida com lajetas de pedra da região, com 0,05 de espessura, assentes em camada de areia sobre terreno regularizado e compactado.

A caixilharia das janelas será feita em alumínio com vidro duplo para proteger as salas e demais compartimentos do ruído e temperatura exterior. As portas serão em madeira e tal como as janelas serão em branco.

Os blocos decorativos têm um grande impacto no projeto, principalmente no bloco central. O seu desenho e disposição no bloco central são o resultado da intenção de transmitir um padrão angolano na fachada. Em consequência deste fator, os padrões dos panos tradicionais de Angola serviram de grande inspiração. Dentre eles o que teve mais impacto no projeto foi a *Samakaka*, caracterizada, pela grande conjugação de cores vivas como o amarelo e vermelho que contrastam com preto e ou branco, e de formas em triângulo, losango e por vezes também círculo (fig. 70). Para conseguir transmitir a sensação



Fig. 70- Exemplos de Samakaka

do padrão da *Samakaka* foram usados dois modelos de bloco decorativo que podemos ver na figura 71, em que na sua disposição ao longo das fachadas tenta recriar as formas presentes no padrão, e no que toca as cores, são pintadas as faces laterais do elemento mais saliente com vermelho, amarelo e laranja.

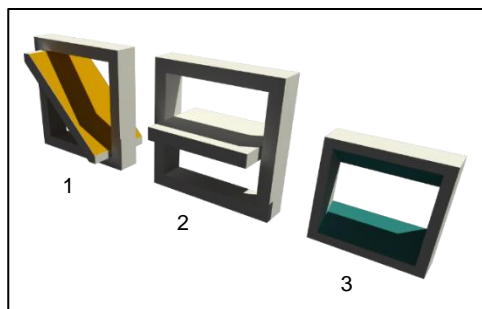


Fig. 71- Blocos decorativos usados



Fig. 72- Pátio comum e campo multidesportivo

Existe ainda um terceiro tipo de bloco decorativo com desenho e dimensão diferentes, que se encontra mais presente nas fachadas dos edifícios adjacentes, embora contaminem também o interior do bloco central. O desenho deste, como se pode ver nas figuras abaixo, é mais simples e é pintado com cores mais frias (amarelo, verde e azul) com o intuito de criar um contraste com os do bloco central.



Fig. 73- Entrada principal da Escola

No entanto, consegue-se perceber que para além da sua função principal de permitir a ventilação cruzada no edifício, decide-se aqui contaminar o projeto com os mesmos o que fez com que adquirissem outras funções como parapeito (fig. 74) e como elemento para cobrir os canteiros (fig. 75).



Fig. 74- Bloco Central



Fig. 75- Área de recreio 2º e 3º ciclos



Fig. 76- Bloco Central

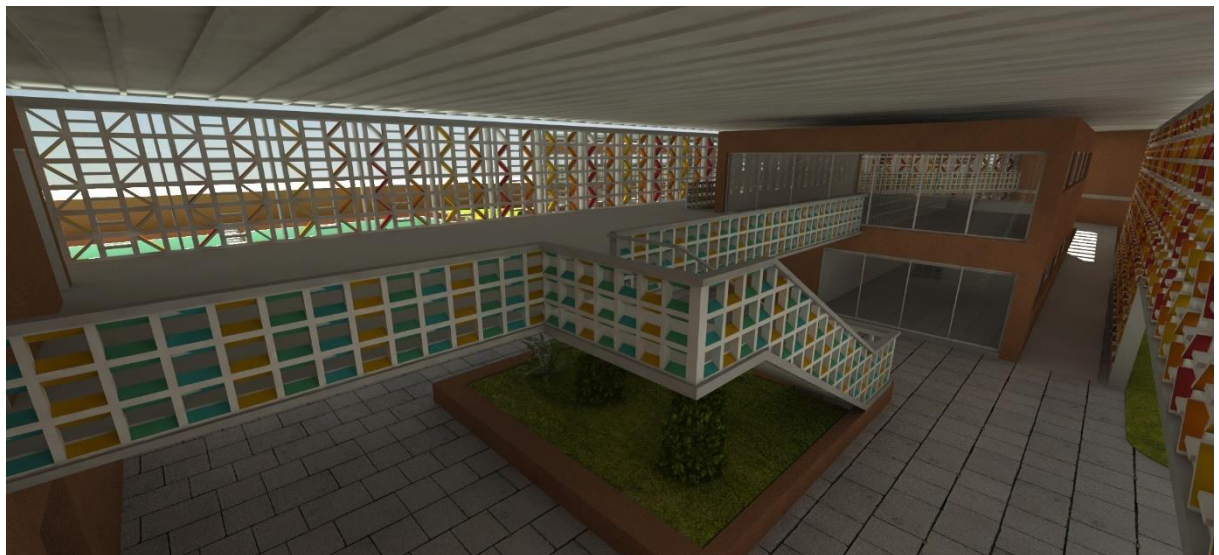


Fig. 77- Bloco Centra- Atrium



Fig. 78 - Pátio comum



Fig. 79- Sala de aula 3ºciclo

Pormenores construtivos

Cortes

5.2.6- Ventilação

Após procurar um design que possibilitasse a exposição dos compartimentos dos edifícios às principais direções dos ventos, procuramos também usar algumas técnicas para ajudar a diminuir as temperaturas no interior dos mesmos.

Na figura 80 podemos observar que se usa o sistema de ventilação cruzada a nível superior e inferior. A cobertura de chapa de zinco é ventilada, por ser a superfície mais exposta ao sol, fazendo com que os ganhos de temperaturas dessa superfície não sejam transmitidos para o interior dos compartimentos. A implementação de canteiros nas janelas do piso superior teve o objetivo de diminuir a temperatura do ar que entra para as salas de aula e no bloco central a implementação de espaços verdes arborizados foram previstos com o mesmo intuito.

Como já referido na implantação, os espaços verdes implantados a norte de cada edifício têm a função de baixar a temperatura e proteger dos ventos provenientes desta direção. No entanto também foram aproveitados para se implementar uma ventilação pelo subsolo, feita por tubos de 20 cm de diâmetro. A saída do tubo para a sala foi colocada na extremidade norte dos compartimentos para uma melhor propagação, aproveitando a direção dos ventos dominantes. Por outro lado, a terra serve de almofada térmica entre as temperaturas exterior e interior.

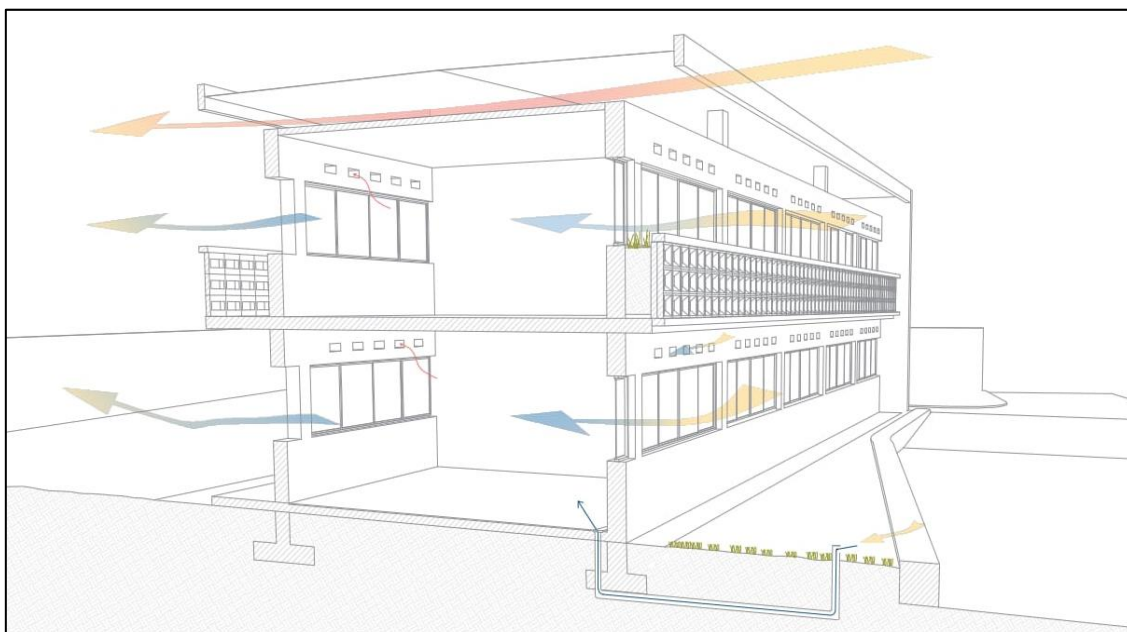


Fig. 80- Sistema de ventilação do edifício

5.2.7- Captação e Reaproveitamento de água

Para o projeto, propomos fazer uma recolha das águas da chuva e o reaproveitamento das águas cinzentas, devido ao nível freático ser muito baixo e a escassez de água ser um fato.

A recolha das águas das chuvas é feita pelas coberturas dos edifícios, direcionando as águas coletadas pelas calhas para um filtro e em seguida para uma cisterna/deposito (fig. 81). Para uma melhor eficácia na distribuição de água foram feitos dois depósitos, localizados em zonas de pouca

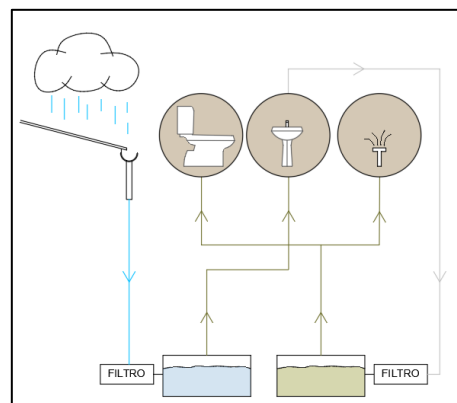


Fig. 81- Diagrama do sistema de captação e aproveitamento de água

permanência (fig. 82) em que cada um deles é abastecido pelas coberturas de dois blocos. Essa água será utilizada pelos lavatórios das instalações sanitárias e cozinha. Com uma precipitação media anual de 175mm, a cisterna/deposito 1 poderá fazer a recolha de 1400 litros anualmente e a cisterna 2 de 1700 litros. Isso implica o uso de cisternas de capacidade adequada.

As águas cinzentas reaproveitadas dos lavatórios serão destinadas a rega do jardim, lavagens e sanitas, e tal como no primeiro caso, cada sistema faz a recolha de dois blocos. Após coletadas serão igualmente direcionadas para um filtro e sistema de tratamento, e de seguida para uma cisterna/deposito diferente embora estejam localizadas no mesmo sítio.

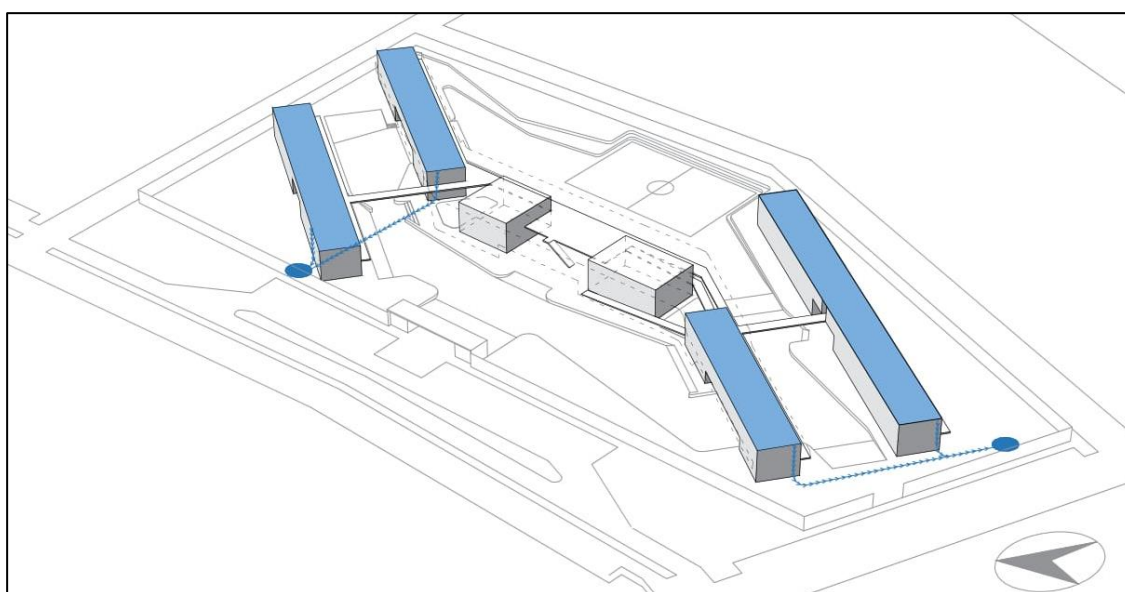


Fig. 82- Representação da localização das cisternas das águas reaproveitadas e respetivos filtros

5.2.8- Energia

A carência na distribuição da energia elétrica em Angola ainda é uma realidade muito presente e nessas novas urbanizações não é diferente, o que leva muitos a optar pelo uso de geradores para compensar tais falhas, nas suas habitações, estabelecimentos comerciais, etc. “Considerando o impacto negativo do uso de combustíveis fósseis no meio ambiente e a crescente diminuição de reservas destes combustíveis a nível global, é urgente a

promoção do uso de energias alternativas, renováveis, bem como a racionalização do consumo, evitando gastos desnecessários” (Guedes, 2011, p. 77).

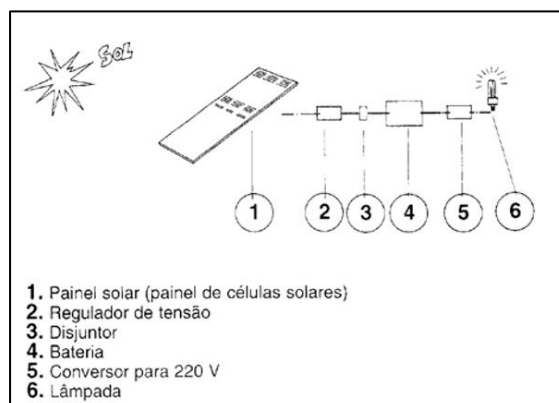


Fig. 83- Elementos necessários para funcionamento de um painel fotovoltaico. (Guedes, 2011, p. 80)

Em consequência disso, propõe-se o uso de energia solar por painéis fotovoltaicos, que consiste na conversão das radiações solares em energia elétrica, através de células solares. Os painéis são instalados nas coberturas dos blocos de 1º e 2º/3º ciclos, voltados para Norte, que direcionam a energia captada para as baterias através de um regulador de tensão, onde é armazenada. Em seguida, esta energia é direcionada para um conversor, sendo convertida de corrente contínua para corrente alternada e por fim distribuída para a rede (fig. 83). Estes elementos adjacentes aos painéis solares são implantados por baixo das escadas, no piso térreo de cada bloco. E consoante o consumo energético que a escola terá, estima-se que será necessária uma área aproximada de 60 m² de painéis fotovoltaicos.

Angola é um país abençoado com fortes radiações solares durante o ano todo, o que faz com que esta tecnologia passiva, seja ideal para abastecimento de energia no nosso país podendo tornar os edifícios auto-suficientes nesse contexto. Têm a grande vantagem ainda de não produzirem resíduos nem ruídos, a exceção do final de vida útil.

Conclusão

Esta dissertação de mestrado assumiu como objetivo estabelecer princípios arquitetónicos sustentáveis no que toca às estratégias e materiais de construção, adaptados ao clima tropical demonstrando ainda as suas vantagens quanto à poupança de recursos, custos de construção e de conservação, que por fim são demonstrados num projeto de arquitetura de uma escola de ensino básico para Luanda.

A metodologia adotada para responder aos objetivos propostos consistiu em reunir uma base bibliográfica primeiramente para perceber o tema e as soluções para as problemáticas levantadas, e ter um melhor conhecimento do território em que se insere a proposta.

No entanto, a pesquisa feita permitiu primeiramente perceber que as questões relacionadas com a proteção ambiental no setor da arquitetura e construção civil estão cada vez mais presentes, visto que têm grande parte da responsabilidade na degradação do planeta. O desenvolvimento sustentável vem assim, dando resposta a essas questões e perceber a importância dos seus princípios é o primeiro passo para se praticar uma arquitetura sustentável, nomeadamente, quanto a economia de recursos (reduzir, reutilizar e reciclar), ao design do ciclo de vida e ao design humano. Em suma a arquitetura sustentável resume-se na procura de um equilíbrio entre a preservação do ambiente e a satisfação das necessidades humanas nas edificações.

A busca pelas origens da sustentabilidade na arquitetura bem como os seus princípios estabeleceu premissas para um melhor entendimento da sua relação com a denominada, arquitetura tropical, bem como o seu conceito, o que permitiu perceber que o estudo do clima onde se está inserido é o segundo passo a reter para a prática de uma arquitetura sustentável. Este fator está bem patente quando se estuda a origem do conceito da arquitetura tropical, que foi o resultado da adaptação da arquitetura dos países colonizadores nas suas colónias de clima tropical na procura de obter edifícios com consumo energético reduzido. O estudo deste tema foi pertinente para a compreensão do contexto em que se apresenta a proposta aqui desenvolvida, a cidade de Luanda.

No estudo deste último conceito, constatou-se que o grande desafio na arquitetura projetada nos trópicos é conceber espaços com menores temperaturas em relação às altas temperaturas ambiente por meio de estratégias, com o intuito de garantir conforto no interior das edificações. Contudo, antes de se perceber tais estratégias é muito importante ter noção das condicionantes climáticas já referidas bem como os parâmetros de conforto ambiental

(térmico, acústico e visual) que variam consoante a atividade a se realizar em determinado espaço.

Entretanto, as estratégias de projeto resumem-se à obtenção de um design passivo/inteligente e na procura de soluções construtivas sustentáveis, em que no primeiro caso se consideram como mais importantes a orientação e forma adequadas, o sombreamento e o sistema de ventilação eficazes. E a nível de soluções construtivas, a preferência por materiais locais (arquitetura vernacular) é indispensável. Para este trabalho interessou estudar a terra como material de construção, visto que em Angola é corrente e já muito usado em construções tradicionais, chegando-se a conclusão que é um material que proporciona um excelente conforto térmico, é duradouro, de boa conservação e com impactos ambientais quase nulos.

Numa fase em que o país está em reconstrução e a atravessar um período de crise económica chegou-se a conclusão que é preocupante a fraca procura por soluções sustentáveis nas edificações, pois pensa-se que teriam um impacto positivo na economia nacional, visto que Angola é um país que apresenta condições atmosféricas favoráveis e vasta variedade de recursos naturais que devem ser melhor explorados. Tais soluções podemos constatar nos casos de estudo apresentados.

Por fim, a proposta da escola de ensino básico apresentada permitiu por em prática os conhecimentos adquiridos com a pesquisa, conseguindo-se um projeto com estratégias bem pensadas tanto na conceção como na construção, adaptadas ao local e suas condicionantes, permitindo concluir que se trata de um projeto que em relação às instituições escolares em Luanda analisadas, apresenta custos significativamente mais reduzidos e com melhores condições para os seus utentes. Em suma, acredita-se que pode ser um modelo a seguir para suprir a carência de estabelecimentos escolares que atualmente existe em Angola contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

Para trabalhos futuros, sugere-se que se faça uma investigação mais profunda sobre os materiais locais disponíveis em Angola, buscando uma arquitetura o mais vernacular possível, visto que este trabalho se focou mais sobre as estratégias de projeto em relação ao design inteligente. Também, se sugere a exploração de outros programas de projeto procurando criar outros modelos de equipamentos que país carece.

Bibliografia

- Baweja, V. (2008). *A Pré-history of Green Architecture: Otto Koenigsberger and Tropical Architecture, from Princely Mysore to Post-colonial London*. Tese apresentada a Universidade de Michigan para obtenção de grau de Doutor de Filosofia (Arquitetura), Michigan.
- Corbella, O., & Yannas, S. (2003). *Em busca de uma arquitetura sustentável*. Brasil: Revan.
- Fernandes, M., & Tavares, A. (2016). *Cadernos de construção com terra*. Lisboa: Argumentum.
- Fry, M., & Drew, J. (1956). *Tropical Architecture in Humid Zones*. Reino Unido.
- Fry, M., & Drew, J. (1964). *Tropical Architecture in Dry and Humid Zones*. Reino Unido.
- Gourgel, M. (2012). *A importância da arquitetura sustentável nos países de clima tropical*. Dissertação apresentada a Universidade Técnica de Lisboa para obtenção de grau de Mestre em Arquitetura, Orientado por Doutor Maunel Pinheiro, Lisboa.
- Grilo, M. J. (2011). *Modernidade Ignorada*. Obtido de *arquitecturamoderna*luanda: <http://cargocollective.com/arquitecturamoderna/Texto-6>
- Guedes, M. (2011). *Arquitetura Sustentável em Angola*. Lisboa: IDG.
- Horta, R. M. (2012). *Construção sustentável de edifícios de balanço energético quase zero*. Dissertação apresentada a Universidade Nova de Lisboa para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil, Orientado por Doutor Miguel Amado, Lisboa.
- Jackson, I., & Holland, J. (2016). *The Architecture of Edwin Maxwell Fry and Jane Drew*. Surrey: Ashgate.
- Kéré, F. (2010). *Kere Architecture*. Obtido de [www.Kere-architecture.com](http://www.kere-architecture.com/projects/secondary-school-gando/): <http://www.kere-architecture.com/projects/secondary-school-gando/>
- Kim, J.-J. (1998). *Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design*. Michigan.
- Lafarge Holcim Foundation. (2012). *The third Halcim Awards*. Suíça: Edward Schwarz.
- Lengen, J. V. (2010). *Manual do Arquitecto Descalço*. Lisboa: Dinalivro.

- Meneses, T. (2010). *Estudo do comportamento térmico de construções em alvenaria de adobe*. Dissertação apresentada a Universidade de Aveiro para obtenção de grau de mestre em Engenharia civil, orientado por Doutor Romeu Vicente, Aveiro.
- Milheiro, A. V. (2012). *Nos tropicos sem Le Corbusier*. Lisboa: RA.
- Ministério da Cultura / Direção Geral das Artes. (2009). *Cinco Áfricas / Cinco Escolas - Representação Oficial Portuguesa na 8ª Bialal Internacional de Arquitetura de São Paulo*. Lisboa: Graus editora.
- MINUA. (2006). *Relatório do Estado Geral do Ambiente em Angola*. Luanda.
- Moughtin, C. (2005). *Urban design: Green Dimension*. Oxford: Architectural Press.
- Mourão, J., & Pedro, B. J. (2012). *Princípios de edificações sustentáveis*. Lisboa: LNEC.
- Olgyay, V. (2015). *Design with climate*. New Jersey: Princeton University Press.
- Oliveira, T. (2015). *Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações*. Tese apresentada a Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção de grau de Engenheiro Civil, Orientado por Jorge dos Santos, Rio de Janeiro.
- Parque Escolar. (2009). *Manual de Projeto Arquitetura*.
- Parque Escolar. (2017). *Especificações técnicas de arquitetura para projeto do edifício escolar*. Lisboa.
- Pinho, J. T., & Galdino, M. A. (2014). *Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPEL.
- Planungs AG-Neufert Mittmann Graf. (2010). Neufert Arte de Projetar em Arquitetura. Em *Escolas* (pp. 297-305). Amadora: Gustavo Gili.
- RIBA. (s.d.). *RIBA*. Obtido de www.architecture.com:https://www.architecture.com/Explore/Buildings/UniversityofIbadan.aspx
- Tostões, A. (2013). *Arquitetura moderna em África: Angola e Moçambique*. desconhecido: FCT.
- Vidal, B., Cotrim, I., & Lorena, M. (2008). *Manual de projeto para a acessibilidade nas escolas*. Lisboa: Parque Escolar.

Wind Finder. (Junho de 2016). *Wind Finder*. Obtido de www.windfinder.com:
<https://pt.windfinder.com/windstatistics/luanda>

Anexos

A.1- Os vários requisitos da ventilação e respetivos requisitos.

Objectivos	Descrição	Requisitos
Fornecimento de ar fresco	A ventilação é necessária para fornecer ar fresco aos ocupantes, melhorando a qualidade do ar: substituindo o ar viciado e controlando odores, humidade, CO2 e concentração de poluentes.	Para este processo são normalmente necessárias 0,5-3 renovações de ar por hora por pessoa, dependendo da intensidade da ocupação. Em geral, a regulamentação internacional considera um padrão mínimo de 5l/s por pessoa (o que é conseguido através da taxa de infiltração média), aumentando este padrão para 16l/s em zonas de fumadores.
Remoção de calor do edifício	Este tipo de ventilação é usado para remover o calor excessivo do interior do edifício, proporcionando temperaturas mais confortáveis.	Requer maiores taxas de ventilação que o processo anterior. Mais eficaz a nível superior (junto ao tecto), para remover o calor acumulado. Quando a temperatura do ar exterior é inferior à temperatura do ar interior, as taxas típicas de ventilação para dissipação do calor no espaço são 5-25 ach/h, dependendo da diferença de temperaturas. Quanto maior o ganho de calor, mais necessária é a ventilação.
Arrefecimento do corpo humano por convecção e evaporação.	Uma maior velocidade do ar aumenta a evaporação do suor da pele, ampliando o limite superior da temperatura de conforto. A sensação térmica correspondente a uma temperatura efectiva de 27°C pode ser alcançada se uma circulação do ar de 1m/s for aplicada a um quarto com uma temperatura do ar de 30°C.	Este processo requer velocidades do ar entre 0,5 e 3 m/s. Admite-se que cada aumento de 0.275m/s corresponde a um acréscimo do limite superior de conforto de 1°C. A velocidade máxima do ar recomendado em escritórios é de 1,5 m/s. Para habitações este valor pode aumentar para os 2,5 – 3m/s.

(Guedes, 2011, p. 50)

A.2- Estratégias de ventilação natural por efeito de chaminé

Efeito de chaminé	Descrição	Desempenho
Aberturas duplas de um único lado	Aberturas com posições baixa e alta, numa janela ou parede.	Pode ser eficaz até 6m ou duas vezes a altura do pé direito. Pode aumentar a profundidade da ventilação natural em salas de plano profundo. Depende da diferença de altura entre a entrada (inferior) e saída (superior).
Átrios	A introdução de um átrio oferece um bom potencial para ventilação por efeito de chaminé.	Os átrios podem ser utilizados em edifícios de maiores dimensões e devem ter uma altura considerável em países quentes, já que podem conduzir a sobreaquecimento.
Chaminés solares	Em chaminés solares, a radiação solar é usada para aumentar o efeito de chaminé. Quando as superfícies da chaminé são aquecidas pelo sol, a taxa de ventilação aumenta.	A chaminé solar deve terminar bem acima do topo do telhado, de modo a oferecer maior superfície exposta para aquecimento, potenciando a circulação por efeito de chaminé. O seu desempenho também é influenciado pelas pressões de vento no topo da chaminé.
Paredes com cavidade ventilada	Paredes com cavidade ventilada (ver também “massa térmica”).	As paredes com cavidade ventilada melhoram a dissipação do calor armazenado no edifício. Esta técnica é exclusiva para a remoção de calor do edifício.

(Guedes, 2011, p. 54)